Лейст.
Метеорология
г. 2
19

инамика атмосферы] : Конспект лекций, [чит. в 1916 г.]

инамика атмосферы

Э. Е. Лейстъ.

Профессоръ Императорскаго Московскаго Университета и Московскихъ Высшихъ Женскихъ Курсовъ.

225
161

МЕТЕОРОЛОГІЯ

Часть II.

Атмосферное Электричество

Курсъ лекцій, читанныхъ въ 1915 г.

Изданіе студ. **Кулакова и Потапенко**
подъ редакціей Проф. **Э. Е. Лейста.**

4558

Цѣна 2 руб.

МОСКВА.
Тип.-Литографія А. П. Прядильщикова. Хамовническій пер., д. 16.
1916 г.

31642
10

Книга имеет:

Печатных листов	Выпуск	В переплетн. един. соедин. №№ вып.	Таблиц	Карт	Иллюстр.	Служебн. №	Наклад и исписка
7		1915 ч. 2 я				70	53/1480.

Э. Е. Лейстъ.

Профессоръ Императорскаго Московскаго Университета и Московскихъ Высшихъ Женскихъ Курсовъ.

М 225/161

МЕТЕОРОЛОГІЯ

Часть II.

Атмосферное Электричество

Курсъ лекцій читанныхъ въ 1915 г.

Изданіе студ. **Кулакова и Потапенко** подъ редакціей Проф. **Э. Е. Лейста.**

МОСКВА.
Типо-Литографія А. П. Прядильщикова. Хамовническій пер., д. 16.
1916.

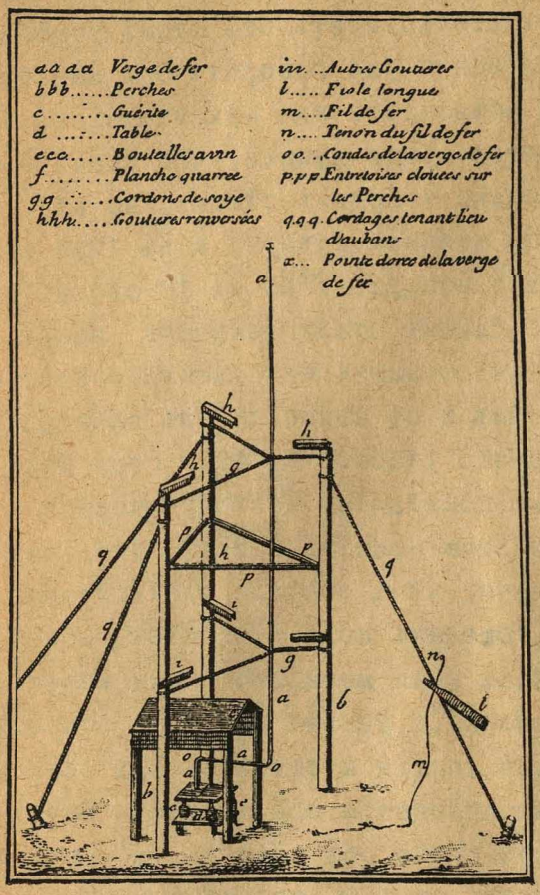
ВСЕСОЮЗНАЯ
БИБЛИОТЕКА
ИМЕНИ
В. И. ЛЕНИНА
9116 94-36

Академии Воздушного Флота имени Н. Е. Жуковского
19 г.

§ 1. *ИСТОРИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ.* Атмосферное электричество открыто только около 170 лѣтъ тому назадъ, несмотря на то, что электричество тренія, къ которому оно принадлежитъ, было извѣстно еще дикарямъ, какъ свидѣтельствуетъ отъ этомъ Humboldt. Ѳалесъ Милосскій вполнѣ опредѣленно уже говоритъ объ электрическихъ свойствахъ янтаря, и объясняетъ ихъ присутствіемъ въ послѣднемъ особой „души". Долгое время думали, что статическое электричество присуще только твердымъ тѣламъ, но въ 1729 году Grey наэлектризовалъ мыльный пузырь, а въ 1734 году Du Faye пытался наэлектризовать воздухъ. Уже съ 18 столѣтія, когда при помощи лейденскихъ банокъ стали получать искры большихъ размѣровъ, начали отождествлять ихъ электричество съ электричествомъ молніи, а затѣмъ и съ атмосфернымъ электричествомъ. Вполнѣ опредѣленно на это указали въ 1708 году Wall и въ 1709 году Hawkesbee. Однако послѣдній, изслѣдуя черезъ двадцать лѣтъ послѣ этого свойства молніи, нашелъ, что она можетъ дѣйствовать немного иначе, чѣмъ обычное электричество. Напримѣръ, было замѣчено, что кошелекъ подъ дѣйствіемъ молніи остался цѣлымъ въ то время, какъ края металлическихъ монетъ, находившихся въ немъ, расплавились. Такимъ образомъ вопросъ о тождественности электричества молніи и статическаго электричества оставался спорнымъ. Для выясненія его Академія Наукъ въ Бордо объявила премію за сочиненіе объ идентичности этихъ электричествъ, которую и получилъ въ 1750 году Barbaret.

Въ началѣ 18 столѣтія Franklin убѣдился, что наэлектризованный шаръ теряетъ свой зарядъ вблизи всякаго острія и это навело его на мысль поднять проводникъ до большой высоты, чтобы собрать имъ электричество облаковъ. Непосредственное полученіе атмосфернаго электричества онъ хотѣлъ осуществить помощью острія, установленнаго на высокой колоколнѣ, которая строилась тогда въ Филадельфіи. Напечатанная Franklin'омъ работа, объяснявшая его предположенія и не имѣвшая успѣха среди соотечественниковъ, была переведена на французскій языкъ ботаникомъ D'Alibard'омъ, который вмѣстѣ съ тѣмъ первый осуществилъ его идею. Въ Mavly la ville вблизи Парижа былъ установленъ имъ металлическій шестъ, длиною 40 футовъ, съ вызолоченнымъ остріемъ внизу, который прикрѣплялся шелковыми верев-

ками къ тремъ мачтамъ (черт.1). Чтобы шелкъ не намокъ отъ дождя и не сталъ проводникомъ, веревки защищались особыми навѣсами. Внизу шестъ былъ загнутъ и подъ остріемъ помѣщалась изолированная металлическая пластинка. Если атмосферное электричество дѣйствительно тождественно съ электричествомъ тренія, то между шестомъ и пластинкою должна была получиться искра.



Черт. 1.

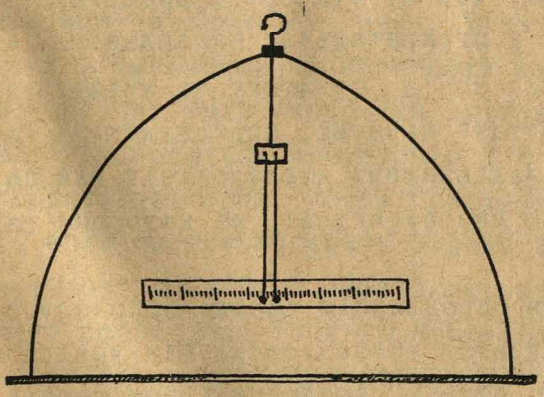
10 мая 1752 года случилась первая гроза и искры ясно обнаруживались даже тогда, когда облака были далеко на горизонтѣ. 13 мая D'Alibard'омъ былъ представленъ объ этомъ докладъ въ Парижскую Академію Наукъ, но послѣдняя отказала въ печатаніи его; однако извѣстіе о сдѣланномъ открытіи распространялось очень быстро и опыты стали производиться почти по всей Европѣ.

1752 г.	10 мая	произвелъ опытъ	D'Alibard
"	18 "	"	De Lor
"	7 іюня	"	De Monnier
"	9 іюля	"	Le Roy и Nollet (Брюссель)
"	19 "	"	Ludolf (Берлинъ)
"	27 "	"	**Veratti** (Болонья)
"	29 "	"	Рихманъ (Петроградъ)
"	20 и 30 авг.	"	Canton и Wilson (Лондонъ)
"	18 августа	"	Winkler (Лейпцигъ)

Le Monnier велъ эти опыты въ Парижѣ въ теченіе цѣлаго года, регулярно отмѣчая время появленія искръ. Такимъ об-

зомъ онъ наблюдалъ не только электричество молніи, но вообще электричество атмосферы. Cassiny de Thury на Парижской Обсерваторіи тоже наблюдалъ искры, появляющіяся безъ грозы, но приписывалъ ихъ не электричеству атмосферы, а облакамъ, находящимся настолько далеко отъ Парижа, что ихъ непосредственно нельзя было видѣть. При одномъ изъ такихъ опытовъ въ Петроградѣ 6 августа 1753 г. проф. Рихманъ былъ убитъ шаровой молніей, вылетѣвшей изъ острія. Уже Le Monnier замѣтилъ суточный ходъ атмосфернаго электричества и нашелъ, что maximum числа искръ и наибольшая длина ихъ наблюдаются около полудня и вечеромъ.

Эти опыты убѣждали Franklin'a въ тождественности атмосфернаго электричества съ электричествомъ тренія, а такъ какъ еще въ 1729 году Grey и Wheeler доказали возможность передачи заряда на большія разстоянія, то онъ предложилъ для защиты отъ молніи отводить электричество облаковъ въ землю, пуская во время грозы змѣи. Первые его опыты оказались неудачными и искръ не было получено, такъ какъ сухая бечевка, на которой пускался змѣй, не проводила электричества. При одномъ изъ послѣдующихъ опытовъ дождь намочилъ веревку и искры легко были обнаружены. Такіе же опыты со змѣемъ были сдѣланы и въ Европѣ. Съ 1768 года болѣе точныя наблюденія производилъ Saussure, который изслѣдовалъ электричество атмосферы, сначала на горахъ, а затѣмъ въ Женевѣ. Хотя атмосферное электричество наблюдалось и до него, но онъ первый описалъ въ 1786 году тотъ приборъ, помощью котораго можно производить подобные опыты и тѣмъ самымъ положилъ начало точнымъ наблюденіямъ. Его приборъ имѣлъ слѣдующій видъ (черт.2). Подъ стекляннымъ колпакомъ находится металлическій стержень, загнутый конецъ котораго выходитъ наружу; другой его конецъ несетъ пла-



Черт. 2.

стинку съ двумя отверстіями, въ которыя вставлены двѣ серебряныя нити, оканчивающіяся бузиновыми шариками. (Cavallo въ своемъ электрометрѣ пользовался пробковыми шариками; Volta - соломенными листочками, а Bennet - золотыми). Изогнутый конецъ стержня соединялся помощью кольца и металлической проволоки съ шарикомъ, который при наблюденіяхъ подбрасывался вверхъ до высоты 15-16 футовъ. Электричество, находившееся на той высотѣ, куда подбрасывался шаръ, переходило на бузиновые шарики, по расхожденію которыхъ можно было судить о степени электризаціи воздуха. Въ послѣдующемъ своемъ приборѣ онъ замѣнилъ изогнутый стержень прямымъ и пересталъ подбрасывать вверхъ соединенный съ нимъ шарикъ. Вмѣсто этого онъ ставилъ приборъ сперва на уровень горизонта (нулевое положеніе прибора) и затѣмъ поднималъ его до высоты 5 футовъ, измѣряя послѣ этого расхожденіе шариковъ. Стеклянный колпакъ находился на металлической пластинкѣ, которая отводила случайно находившееся на немъ электричество въ землю. Такъ какъ Saussure не имѣлъ абсолютныхъ величинъ, то его наблюденія имѣютъ лишь относительное значеніе. Ему удалось опредѣлить суточный и годовой ходъ атмосфернаго электричества. Годовой ходъ по его опредѣленію имѣетъ maximum - зимою, суточный - около полудня и вечеромъ; это подтверждало наблюденія Le Monnier. Кромѣ этого онъ опредѣлялъ и знакъ атмосфернаго электричества, подобно тому какъ это дѣлаютъ въ настоящее время въ электрометрахъ Exner'a и Elster'a-Geitel'я. (приближая къ электрометру наэлектризованную палочку сургуча и наблюдая расходятся или сближаются отъ этого шарики) и выяснилъ, что въ атмосферѣ преобладаетъ положительное электричество, а отрипательное наблюдается при дождѣ и туманѣ. Раньше Saussur'a къ этому же пришелъ и Cavallo, котораго можно считать первымъ, опредѣлившимъ электричество осадковъ. Успѣхи дальнѣйшихъ изслѣдованій шли параллельно усовершенствованію инструментовъ, съ которыми намъ необходимо познакомиться.

§ 2. ***КОЛЛЕКТОРЫ.*** Для опредѣленія заряда какой-либо точки электрическаго поля пользуются коллекторами или уравнителями. Первымъ коллекторомъ было остріе, воспринимающее зарядъ данной точки, который измѣрялся помощью электрометра. Роль острія можетъ играть пламя лампы, горящая свѣча и даже тлѣющее тѣло

(напр. папироса). Пламенемъ, какъ коллекторомъ, стали пользоваться послѣ Bennet (въ 1786 г.) и Volta (въ 1787 г.) Наиболѣе совершеннымъ является водяной коллекторъ Томсона предложенный имъ въ 1856 г. Этотъ приборъ представляетъ собою сосудъ съ водою; отъ него отходитъ небольшая трубка, черезъ которую и вытекаетъ вода; послѣдняя поддерживается въ сосудѣ на одномъ уровнѣ. Для изоляціи прибора, его устанавливаютъ на бутылкахъ, наполненныхъ сѣрной кислотой. Вытекая струя дробится на капли и въ точкѣ дробленія происходитъ уравненіе электричества; она собирается и переходитъ въ изолированный сосудъ. Въ зимнее время вмѣсто воды пользуются керосиномъ или спиртомъ.Такимъ же образомъ дѣйствуетъ пульверизаторъ. Въ 1900 году датскій профессоръ Paulsen (въ Парижѣ) и въ 1902 г. Hennig и Exner (въ Вѣнѣ) предложили радіактивный коллекторъ. Дѣйствіе его основано на томъ, что подъ вліяніемъ лучей радія воздухъ становится проводникомъ, а это ведетъ къ уравненію потенціаловъ. Главную роль при этомъ играетъ пропускная бумага, поверхность которой покрываютъ радіактивными солями. Вмѣсто такой бумаги можно пользоваться радіактивными сплавами въ видѣ небольшихъ штифтиковъ, которые устанавливаются на изолированныхъ янтаремъ стойкахъ. Всѣ эти коллекторы страдаютъ существеннымъ недостаткомъ, такъ какъ нельзя точно опредѣлить до какой точки пространства проникаютъ лучи радія іонизируя воздухъ, и потому нельзя сказать съ какой именно точки коллекторъ получаетъ зарядъ. Кромѣ того радіактивные, полоніевые или актиніевые коллекторы оказываютъ сильное вліяніе на электрическіе приборы, находящіеся недалеко отъ нихъ. Такъ въ Потсдамѣ въ Метеорологической и магнитной обсерваторіи въ присутствіи этихъ коллекторовъ приборы были испорчены до такой степени, что ими нельзя было пользоваться въ теченіе 2-3 недѣль.

Потенціалъ любой точки пространства мы могли бы свободно найти, если бы только знали зарядъ земли, такъ какъ разность потенціаловъ мы можемъ опредѣлить непосредственно. Для этого въ двухъ различныхъ точкахъ пространства нужно поставить коллекторы, одинъ изъ нихъ соединить съ внѣшней оболочкой, а другой съ внутренней оболочкой измѣрительнаго прибора, отсчетъ по нему и опредѣлить разность потенціаловъ. При наблюденіяхъ вблизи поверхности земли пользуются однимъ изолированнымъ кол-

лекторомъ, причемъ внѣшнюю оболочку электрометра соединяютъ съ землей. При этихъ наблюденіяхъ слѣдуетъ избѣгать близости различныхъ предметовъ (напр. стѣнъ зданія, деревьевъ, телеграфныхъ столбовъ и пр.) такъ какъ они измѣняютъ поле; сами палочки, на которыхъ обычно держатъ коллекторы и даже наблюдатели вліяютъ на его характеръ.

Обычно въ атмосферѣ наблюдается положительное электричество, а отрицательное только въ рѣдкихъ случаяхъ. Поэтому при обыкновенныхъ условіяхъ каждая капля воды водяного коллектора уноситъ отрицательный зарядъ, а на измѣрительномъ приборѣ получаемъ положительное электричество.

Разность потенціаловъ опредѣляется по перпендикулярному направленію. Поэтому кромѣ измѣренія разности потенціаловъ двухъ точекъ слѣдуетъ измѣрить и разстояніе ихъ по вертикали. Такъ какъ потенціалъ выражается въ вольтахъ, а разстояніе въ метрахъ, то единицей разности потенціаловъ служитъ вольтъ на метръ ($^{V}/_{m}$). Самъ воздухъ остается изоляторомъ до разности потенціаловъ 3000000 $^{V}/_{m}$ или 3000 $^{V}/_{mm}$. (Техника по осторожности считаетъ предѣломъ 1000 $^{V}/_{mm}$). При увеличеніи разности потенціаловъ выше предѣльной величины происходитъ выравниваніе электричества помощью огней св.Эльма, молній или полярныхъ сіяній.

Чувствительность коллектора опредѣляется слѣдующимъ образомъ: потеря электричества выражается формулой:

$$dv = -\frac{c}{C} v\,dt \qquad (1)$$

гдѣ v - зарядъ или потенціалъ; dv его потеря въ элементъ времени dt; C - емкость всей системы т.е. коллектора и измѣрительнаго прибора и c - емкость тѣхъ частицъ, которыя выходятъ изъ коллектора и уносятъ электричество (Напр. частицъ воды).

Изъ этого уравненія находимъ:

$$\frac{dv}{v} = -\frac{c}{C} dt$$

Интегрируя получаемъ:

$$\lg v_t = -\frac{c}{C} t + Const.$$

При $t=0$, $Const. = \lg v_0 = \lg$ первоначальнаго заряда, поэтому

$$v_t = v_0 e^{-\frac{c}{C} t} \qquad (2)$$

Для того чтобы V_t обратился въ V_0 ($V_t = V_0$) необходимо чтобы $t = \infty$ т.е. для полной потери необходимо безконечно долгое время. (Кривая ур-ія (2) асимптотически приближается къ оси временъ). Мы можемъ практически опредѣлить то время, по истеченіи котораго останется опредѣленная часть заряда. Найдемъ, напримѣръ, такое время T, по истеченіи котораго, долженъ остаться 1% первоначальнаго заряда, т.е.

$$V_T = 0.01\, V_0$$

Принимая во вниманіе это условіе и равенство (2) легко найти:

$$0.01 = e^{-\frac{c}{C}T} \quad \text{или} \quad 1 = 100\, e^{-\frac{c}{C}T}$$

Логариемируя, получимъ:

$$0 = 2 - \frac{c}{C} T \lg e$$

Имѣя въ виду, что $\lg e = 0.4343$, найдемъ:

$$T = \frac{2}{0.4343} \cdot \frac{C}{c} \qquad (3)$$

Такое количество времени необходимо для потери 99% первоначальнаго заряда. При конструированіи коллекторовъ стремятся уменьшить T или, какъ говорятъ, повысить чувствительность ихъ, чтобы сократить продолжительность наблюденій. Кромѣ того атмосферное электричество безпрерывно измѣняется, а такъ какъ приборы должны дѣйствовать быстрѣе этихъ измѣненій, то выгодно уменьшить величину T. Изъ формулы (3) видно, что T уменьшается при увеличиваніи C. Отсюда слѣдуетъ, что емкость выдѣляемыхъ коллекторомъ частицъ должна быть велика т.е., напримѣръ, капли водяного коллектора должны быть малы. Съ другой стороны T уменьшается съ уменьшеніемъ C. Слѣдовательно, вся система должна быть возможно меньшей. Этимъ условіемъ металлическіе коллекторы не удовлетворяютъ. Наиболѣе подходящими являются пламя и водяной коллекторъ. Тому же условію удовлетворяетъ и пульверизаторъ. Для радіактивныхъ коллекторовъ C различно. Вообще говоря, для опредѣленія T мы для каждаго коллектора, согласно формулѣ (3) должны знать C. Входящее въ ту же формулу C - опредѣляется обычно при изслѣдованіи прибора. Выраженіе же для C найдемъ изъ формулы (1), а именно:

$$c = -\frac{C}{V}\frac{dV}{dt} \qquad (4)$$

Для знанія C нужно опредѣлить dv за малый промежутокъ времени, хотя бы за одну секунду. Для этого наблюдаютъ зарядъ v_0 во время t_0, затѣмъ черезъ короткій промежутокъ времени, во время t_1 опредѣляютъ оставшійся зарядъ v_1 и принимаютъ:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_0 - v_1}{t_1 - t_0} = -\frac{v_0 - v_1}{t_0 - t_1} \qquad (5)$$

На практикѣ моменты t_0 и t_1, отдѣлены десяти-секуднымъ промежуткомъ. Вмѣсто потенціала v принято брать среднее значеніе изъ двухъ отсчетовъ

$$v = \frac{v_0 + v_1}{2}$$

Принимая во вниманіе послѣднее выраженіе и равенство (5) формулу (4) напишемъ такимъ образомъ:

$$c = \frac{2C}{t_0 - t_1} \cdot \frac{v_0 - v_1}{v_0 + v_1}$$

Зная C и c легко опредѣлить T. Linke въ 1903 году изслѣдовалъ зависимость между емкостью отдѣльныхъ частицъ и продолжительностью наблюденій. Онъ нашелъ:

ВИДЪ КОЛЛЕКТОРА	C	T
Водяной колл. Томсона 1.	7 ст.	67 sec
" " " 2.	46 "	10 "
Пульверизаторъ I	50 "	9 "
" II	33 "	14 "
Пламя	2.2-3.6"	200-175"
Бромист. радій въ стеклѣ	4.7-5.0"	98-92 "
" " " свинцѣ	1.0 "	460 "

Измѣненіе емкости капель для одного и того же коллектора достигается варіированіемъ давленія и измѣненіемъ размѣровъ выводящей трубы. Во второмъ случаѣ (2) коллекторъ находился подъ давленіемъ и трубк, длиною въ 16 ст. и діаметра 2 mm. имѣла отверстіе въ 0.1 mm. Въ теченіе одной минуты такимъ коллекторомъ выбрасывалось 16 cm^3 воды. Первый пульверизаторъ (I) выбрасывалъ въ минуту 500 $cm.$, а второй (II) только 45. Изъ таблицы ясно, что наиболѣе пригодными коллекторами являются пульверизаторы, тогда какъ радіактивные коллекторы могутъ

служить для открытія лишь продолжительныхъ варіацій электричества и удобны только благодаря простотѣ конструкціи. Въ 1888 году Elster и Geitel предложили актиноэлектрическій или фотоэлектрическій коллекторъ, основанный на разсѣяніи ультрафіолетовыми лучами отрицательнаго заряда на свѣже-амальгамированныхъ пластинкахъ цинка, алюминія или магнія (такъ наз. эффектъ Hallwachs'a). Особенно пригоденъ свѣже-амальгамированный цинкъ. Съ такимъ коллекторомъ можно работать въ продолженіе четырехъ часовъ. Въ крупныхъ городахъ подобные коллекторы не дѣйствуютъ, что было замѣчено проф. Ebert'омъ въ Мюнхенѣ. Это объясняется присутствіемъ въ атмосферѣ пыли.

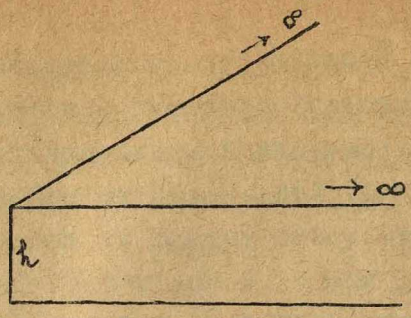
Сравненіе коллекторовъ между собою, выполненное проф. Bendorf'омъ въ Грацѣ, показало, что два одинаковыхъ прибора, находящихся при равныхъ условіяхъ расходятся въ своихъ показаніяхъ. Имъ было найдено, что два одинаковыхъ электрографа (самопишущихъ электрометра), коллекторы которыхъ были соединены металлической проволокой, давали записи A и B разность которыхъ расходилась на 0,20 а именно

$$A:B = 1{\cdot}18 \quad и \quad A:B = 0{\cdot}98$$

и точность измѣренія достигала 10%. Слѣдовательно, точность наблюденій въ большой степени зависитъ отъ коллекторовъ.

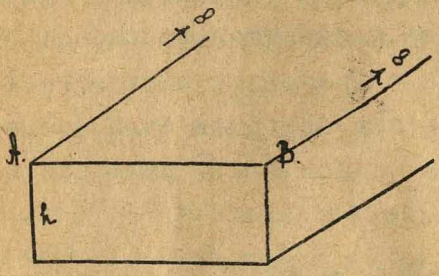
УСТАНОВКА КОЛЛЕКТОРОВЪ. Если бы атмосфера имѣла вездѣ одинаковый электрическій зарядъ, то можно было бы наблюдать въ любой точкѣ ея. Въ дѣйствительности этого нѣтъ. Мы имѣемъ изопотенціальныя поверхности, которыя слѣдуютъ рельефу земли. Каждая возвышенность земли и даже каждый домъ въ городѣ значительно искажаютъ эти поверхности; поэтому разности потенціаловъ можно обнаружить по всѣмъ направленіямъ, даже по горизонтальному, какъ это доказалъ въ 1803 г. Erman.

Если неправильности рельефа оказываютъ вліяніе на изопотенціальныя поверхности, то возникаетъ вопросъ, на какомъ разстояніи отъ нихъ (напр. отъ горъ или строеній), мы должны наблюдать, чтобы ошибка не превосходила нѣкотораго предѣла, напр. ± 1%. Съ этой цѣлью было произведено много опытовъ, но полученные результаты плохо между собою согласовались, поэтому Benndorf попытался рѣшить вопросъ теоретически и разобралъ на основаніи формулы Maxwell'a вліяніе неровностей различнаго



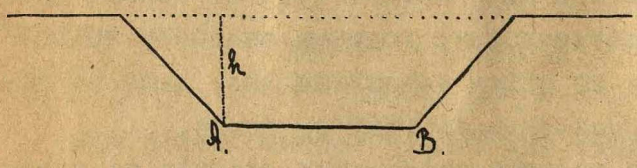
Черт. 3.

вида. Если дано безконечно большое плоскогорье высоты h (черт.3), то ошибка наблюденій не превзойдетъ 1% при удаленіи отъ него на разстояніе $33h$. Для точности въ 5% достаточно удалиться на разстояніе $6h$. Поверхность, продолжающаяся безконечно лишь въ одномъ направленіи (черт.4), даетъ ошибку въ 1% если удалиться отъ края A или B на разстояніе $17h$, а на разстояніи $5h$ точность достигаетъ 5%. Наконецъ ошибка наблюденій вблизи котловины (черт.5) не превзойдетъ 1% при удаленіи отъ A на разстояніе $200h$, а удаленію на разстояніе $40h$ соотвѣтствуетъ точность въ 5%.



Черт. 4.

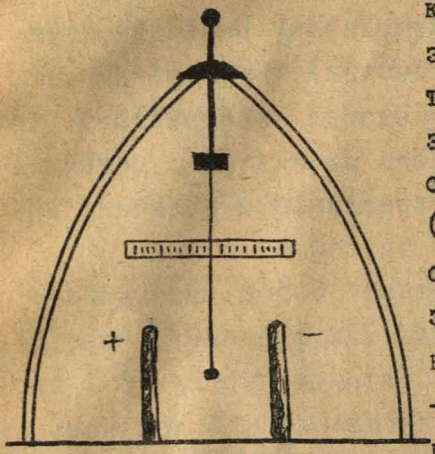
Телеграфные столбы также оказываютъ вліяніе на наблюденія. Для полученія наблюденій точныхъ до 1% слѣдуетъ производить ихъ на разстояніи $2h$ отъ столба, гдѣ h высота его. Сами наблюдатели также вліяютъ на точность результатовъ. Чтобы быть гарантированными за точность 3% при наблюденіяхъ съ коллекторами наблюдатели должны находиться отъ послѣднихъ на разстояніи 4 метровъ.



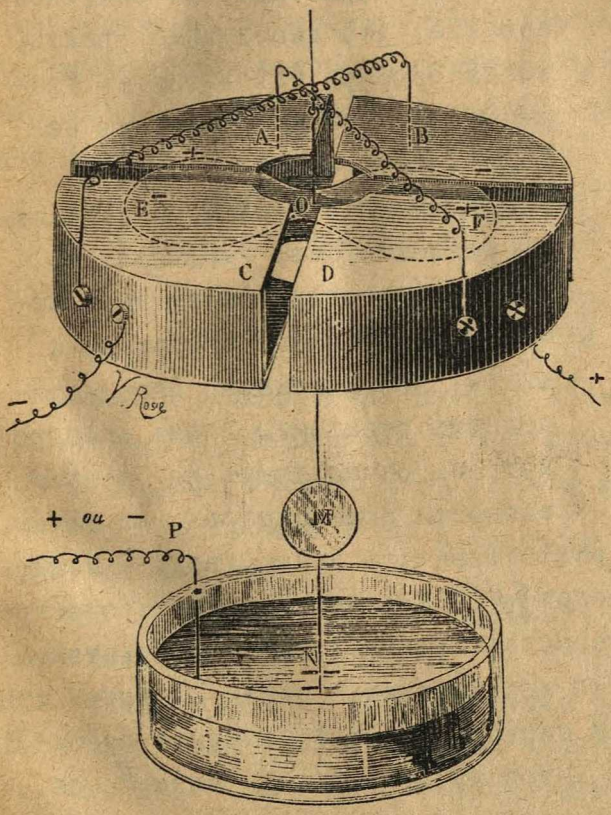
Черт. 5.

§ 3. ***ЭЛЕКТРОМЕТРЫ.*** Первымъ болѣе или менѣе точнымъ измѣрительнымъ приборомъ былъ электрометръ Saussure'a, съ которымъ мы уже познакомились и видѣли, что онъ не даетъ абсолютныхъ величинъ, а знакъ электрическаго заряда приходится из-

слѣдовать отдѣльно. Послѣдній недостатокъ устранили Bohnenberg и Behrens, предложившіе въ началѣ прошлаго столѣтія вводить подъ изолированный стеклянный колпакъ электрометра два столбика, наэлектризованныхъ разноименными электричествами (черт.6), благодаря чему знакъ изслѣдуемаго заряда опредѣляется направленіемъ отклоненія стрѣлки. (Fecher пользовался только однимъ столбикомъ). Въ настоящее время пользуются электрометромъ Exner'a или квадрантнымъ электрометромъ Thomson'a - Mascart'a - Benndorf'a. Послѣдній представляетъ собою (черт.7) невысокую цилиндрическую коробку (*ABCD*), разрѣзанную на четыре квадранта, внутри которой вращается на бифилярѣ бисквитообразная алюминіевая пластинка (*EOF*). Каждой парѣ противоположныхъ квадрантовъ сообщаются одноименные заряды. Зарядъ отъ коллектора передается алюминіевой пластинкѣ сверху или снизу при помощи платиновой проволоки. Въ послѣднемъ случаѣ платиновая проволока (*P*) опускается въ сосудъ съ сѣрной кислотой или глицериномъ, которые служатъ для передачи заряда. Допустимъ, что зарядъ отъ коллектора положителемъ, тогда бис-



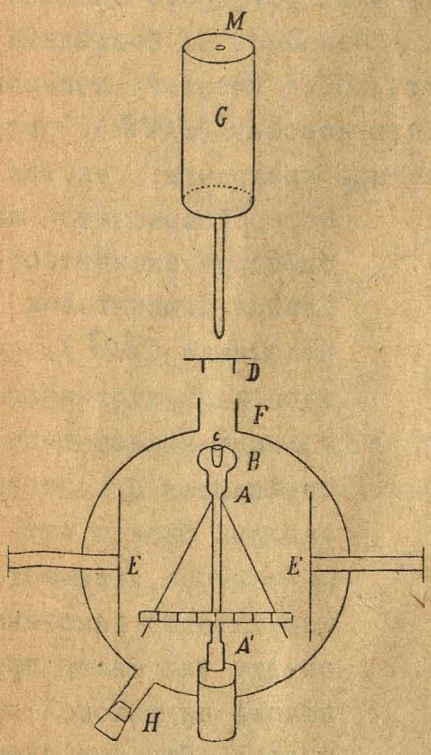
Черт. 6.



Черт. 7.

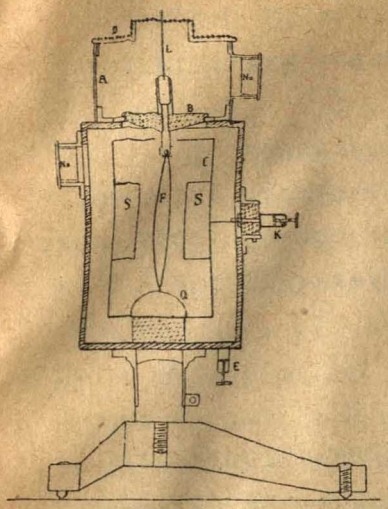
квитообразная пластинка отталкивается положительными квадрантами и притягивается отрицательными. Этому движенію противодѣйствуетъ крученіе одной нити или дифиляра. Направленіе и величина поворота пластинки характеризуютъ равнодѣйствующую этихъ силъ (крученія и электричества) и указываютъ на знакъ и величину заряда. Увеличивая заряды квадрантовъ, что достигается введеніемъ большаго числа элементовъ, можно повысить чувствительность прибора. Направленіе и величина поворота наблюдаются зеркаломъ (M) и трубою.

Электрометръ Exner'a представляетъ собою цилиндрическую металлическую коробку со стеклянными стѣнками (черт.8).



Черт. 8.

Сквозь янтарную пробку (F) проходитъ металлическій стержень съ прикрѣпленными къ нему алюминіевыми листочками A, которые при помощи боковыхъ стержней E могутъ быть приведены въ соприкосновеніе, что необходимо дѣлать, когда приборъ находится въ бездѣйствіи. При наблюденіяхъ металлическую оболочку прибора соединяютъ съ землей, а стержень съ коллекторомъ. Расхожденіе листочковъ отсчитывается съ помощью отраженнаго изображенія шкалы, поставленной передъ переднимъ стекломъ. Этимъ электрометромъ опредѣляютъ не только разности потенціаловъ, но также и іонизацію атмосферы, (радіактивность почвы, воды и воздуха), для чего служитъ цилиндръ GM. Изъ числа другихъ электрометровъ укажемъ еще электрометръ Вульфа (черт.9). Чувствительной частью его являются двѣ кварцевыя нити, покрытыя тончайшимъ слоемъ платины или серебра. Черезъ янтарную пробку B проходитъ стержень L, къ которому прикрѣплены нити F съ грузикомъ Q. Нитямъ можно сообщить зарядъ, послѣ чего онѣ оттолкнутся другъ отъ друга. По расхожденію ихъ и судятъ о величинѣ потенціала. Разстояніе между нитями измѣряется



Черт. 9.

микроскопомъ, въ полѣ зрѣнія котораго находится шкала.

Полученные при наблюденіяхъ отсчеты нужно перевести въ абсолютныя величины - въ вольты. Пусть данному заряду Σ соотвѣтствуетъ отсчетъ n на шкалѣ электрометра, тогда зависимость между зарядомъ и отсчетомъ по электрометру выразится такой эмпирической формулой

$$\Sigma = a + bn + cn^2 \qquad (1)$$

гдѣ a, b и c нѣкоторые коэффиціенты, постоянные для даннаго прибора, опредѣляемые на практикѣ слѣдующимъ образомъ. Берутъ сто элементовъ Мейдингера, которые даютъ электродвижущую силу въ 107.5 V. и сообщаютъ электрометру зарядъ отъ первыхъ десяти элементовъ; по шкалѣ находятъ отсчетъ n_1; затѣмъ присоединяютъ еще десять элементовъ, находятъ отсчетъ n_2 и т.д. пока не используютъ всѣ сто элементовъ. Тогда на основаніи формулы (1) можно написать

$$10.75\,V = a + bn_1 + cn_1^2$$
$$21.50\,V = a + bn_2 + cn_2^2$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$107.5\,V = a + bn_{10} + cn_{10}^2$$

Эти уравненія рѣшенные по способу наименьшихъ квадратовъ, опредѣляютъ неизвѣстныя a, b и c. Зная ихъ, мы любой отсчетъ n_k сможемъ перевести въ вольты или по формулѣ (1) или графически, построивъ по Σ_1, Σ_2, Σ_3 ..... n_1, n_2, n_3 .... соотвѣтствующую кривую.

Если въ двухъ различныхъ точкахъ атмосферы имѣется нѣкоторая разность потенціаловъ, то соединяя эти точки проводникомъ, получимъ токъ, который можно опредѣлить *гальванометрическими измѣреніями.* Первыя попытки такого рода сдѣлалъ Weber. Онъ нашелъ для силы тока величину $^1/_{1000}$ милліампера; затѣмъ на горѣ Шнеккопе $^{20}/_{1000}$ милліампера. Таковы токи, вызываемые разностью потенціаловъ, получаемые на одинъ метръ высоты. Проф. Weber нашелъ, что въ Килѣ при разности потен-

піаловъ 80 V/m, сила токовъ равнялась 1.7×10^{-16} ампера. Другіе наблюдатели въ другихъ мѣстахъ нашли для силы тока величины

отъ 1.7×10^{-16} до 2.3×10^{-16} ампера.

Величина этихъ токовъ зависитъ отъ проводимости атмосферы, которая вообще говоря очень мала; иногда проводимость незначительно можетъ увеличиваться, отчего увеличивается и сила тока, выражаемая формулой

$$J = \lambda \frac{\partial V}{\partial h}$$

гдѣ J - сила тока, λ - коэффиціентъ электропроводимости, ∂V - разность потенціаловъ, и ∂h - разность высотъ.

Точно знать силу атмосферныхъ токовъ, вызываемыхъ разностью потенціаловъ, мы не можемъ потому что всѣ наши наблюденія страдаютъ нѣкоторой неточностью. Мы уже указали, что рельефъ мѣста, строенія и даже самъ наблюдатель вліяютъ на положеніе изопотенціальныхъ поверхностей. Поэтому всѣ наблюденія слѣдуетъ „приводить" къ идеальному или правильному рельефу, что достигается умноженіемъ полученныхъ величинъ на особый „переводный множитель или коэффиціентъ", опредѣляемый изъ большого ряда наблюденій. Для Потсдама, напримѣръ, онъ равенъ 4.7; однако точность его не велика.

§ 4. *НОРМАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ АТМОСФЕРЫ.* При ясной погодѣ разность потенціаловъ любой точки атмосферы и земли положительна, т.е. потенціалъ увеличивается съ высотою. Абсолютная величина разности постоянно мѣняется, что особенно замѣтно при облачной погодѣ. Обычно при дождѣ наблюдается положительный знакъ разности потенціаловъ; при усиливаніи дождя знакъ разности бываетъ и положительный и отрицательный. Особенно быстрыя измѣненія знака вызываетъ гроза: каждая молнія ея мѣняетъ знакъ. Вообще-же отрицательный знакъ разности потенціаловъ наблюдается крайне рѣдко, что видно изъ слѣдующей таблицы.

Мѣсто наблюд.	*Періодъ набл.*	*Число всѣхъ наблюденій.*	*Число наблюденій разности потенціаловъ с отрицательнымъ знако*	
Кью (бл. Лондона)	*3 года*	*10500*	*324*	*3 %*
Москва	*4 "*	*674*	*41*	*6 "*
Павловскъ	*8 "*	*2920*	*221*	*8 "*
Потсдамъ	*6 "*	*2060*	*124*	*6 "*

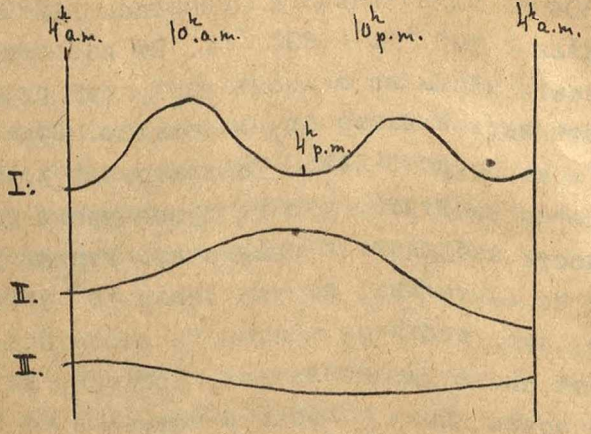
Максимальная величина разности потенціаловъ была замѣчена въ февралѣ 1904 г. въ Потсдамѣ и равнялась 11280 V/m. Обычные-же ея предѣлы + 100 V/m + 200 V/m. Въ настоящее время извѣстны и такія мѣста на земномъ шарѣ, гдѣ разность потенціаловъ бываетъ весьма часто отрицательною. Возьмемъ для примѣра Батавію на островѣ Явѣ. Разсматривая длинный рядъ наблюденій, легко замѣтить, что въ сухое время года отрицательныя разности наблюдаются ежедневно. Утромъ разность потенціаловъ положительна, но уже около 10^{h} утра переходитъ въ отрицательную, достигая minimum'а около 2-3 ч., послѣ чего начинаетъ снова увеличиваться. Конечно, въ отдѣльные дни такихъ правильныхъ колебаній можетъ и не быть, что легко объясняется непостоянствомъ погоды. (Нарушеніе правильности кривой наблюдается весьма часто въ октябрѣ и ноябрѣ мѣсяцахъ).

§ 5. *СУТОЧНЫЙ и ГОДОВОЙ ХОДЪ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦІАЛОВЪ.* Разсматривая большой рядъ наблюденій можно замѣтить, что величина разности потенціаловъ испытываетъ въ теченіе сутокъ правильныя періодическія колебанія, которыя носятъ названіе суточнаго хода разности потенціаловъ. Графически мы сможемъ характеризовать эти колебанія тремя типами кривыхъ. Первый типъ кривой имѣетъ два maximum'а - около восхода и захода солнца и два minimum'а - около maximum'а температуры и ночью. Время наступленія этихъ maximum'овъ и minimum'овъ не остается постояннымъ, а измѣняется, что легко можно объяснить измѣненіемъ часовъ восхода и захода солнца. Во второмъ типѣ кривой есть одинъ maximum - днемъ и одинъ minimum - ночью. Наконецъ третій типъ кривой, амплитуды которой малы, имѣетъ maximum - ночью и minimum - днемъ (см. черт.10). Кривыя второго типа наблюдаются на высокихъ мѣстахъ и въ свободной атмосферѣ. На высокихъ же горахъ (напр. на Сонбликѣ), а также на островѣ Цейлонѣ суточный ходъ разности потенціаловъ характеризуется третьей кривой.

Гармоническій анализъ показываетъ, что всякую сложную кривую можно разложить на рядъ простыхъ, изъ которыхъ каждая ха-

---

БИБЛІОТЕКА академіи Воздушнаго флота имени проф. Н. Е. ЖУКОВСКАГО
„ “ 19 г.
Инв. №



Черт. 10.

рактеризуется періодической функціей вида $r_n \sin(\alpha_n + nt)$ или $r_n \cos(\alpha_n + nt)$ гдѣ t есть аргументъ функціи - время, выражаемое въ градусахъ, а r_n, α_n и n — нѣкоторыя постоянныя величины. На основаніи этого, можно всякое періодическое измѣненіе разности потенціаловъ, напр. ея суточный ходъ, разложить въ рядъ вида

$$\frac{dv}{dt} = r_0 + r_1 \sin(\alpha_1 + t) + r_2 \sin(\alpha_2 + 2t) + r_3 \sin(\alpha_3 + 3t) \cdots \quad (1)$$

гдѣ r_0 есть среднее значеніе разности $\frac{dv}{dt}$, t - время, считаемое отъ полуночи, а r_1, r_2, r_3, ... α_1, α_2, α_3... - нѣкоторые неизвѣстные пока коэффиціенты, $r_1 \sin(\alpha_1+t)$, $r_2 \sin(\alpha_2+2t)$.... суть элементарныя кривыя. Maximum первой кривой наступаетъ при $\alpha_1 + t = 90°$, maximum второй - при $\alpha_2 + 2t = 90°$ и т.д. Кривыя проходятъ черезъ нулевыя точки при $\alpha_1 + t = 180°$, $\alpha_2 + 2t = 180°$ и т.д. Опредѣленіе коэффиціентовъ r_1, r_2 .... α_1, α_2 ..... было разобрано подробно въ лекціяхъ проф. Э.Е.Лейста „Метеорологія и Геомагнетизмъ" 1914/1915 г. (стр.164-168), поэтому здѣсь мы непосредственно укажемъ полученные результаты и дадимъ для нѣкоторыхъ станцій разложеніе функціи $\frac{dv}{dh}$ въ рядъ (1).

Для зимнихъ мѣсяцевъ

Карасюкъ. $dv/dh = 180^v/m + 64\sin(189°+t) + 26\sin(155°+2t) + 4\sin(200°+3t)$

Кью $dv/dh = 217^v/m + 22\sin(206°+t) + 22\sin(179°+2t) + 7\sin(21°+3t)$

Парижъ $dv/dh = 205^v/m + 45\sin(222°+t) + 21\sin(204°+2t) + 7\sin(42°+3t)$

Лионъ $dv/dh = 159^v/m + 21\sin(220°+t) + 16\sin(183°+2t) + 2\sin(314°+3t)$

Потсдамъ $dv/dh = 406^v/m + 90\sin(178°+t) + 23\sin(187°+2t) + 9\sin(186°+3t)$

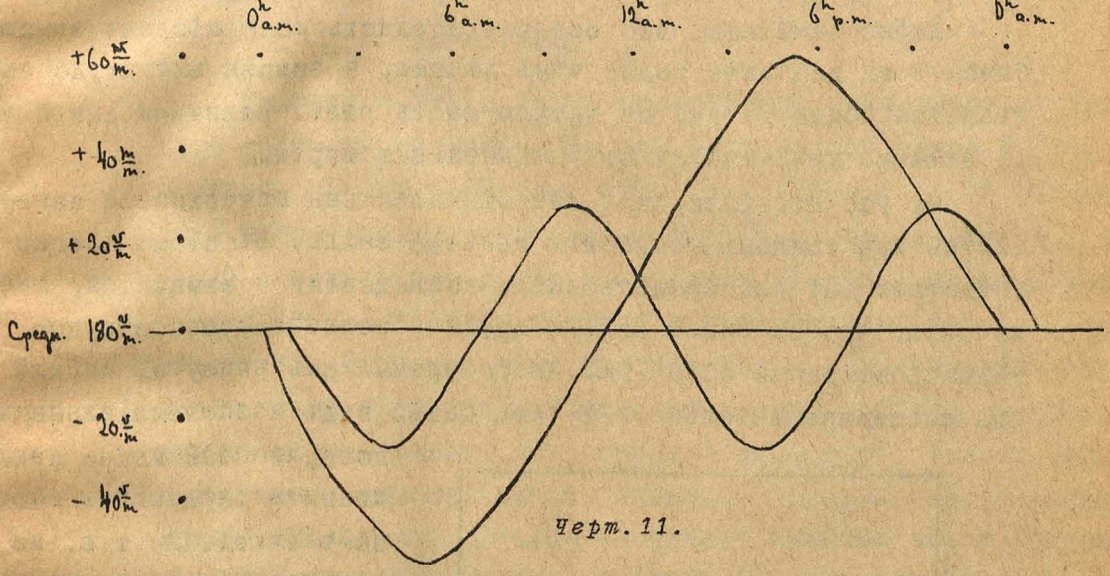
Кремсмюнстеръ $dv/dh = 130^v/m + 34\sin(224°+t) + 14\sin(194°+2t) + 2\sin(166°+3t)$

Тріестъ $dv/dh = 84^v/m + 43\sin(230°+t) + 4\sin(166°+2t)$ ——

Островъ Самоа $dv/dh = 56^v/m + 28\sin(319°+t) + 3\sin(214°+2t) + 4\sin(350°+3t)$

Изъ этой таблицы видно, что γ_0 , т.е. средняя величина разности потенціаловъ зависитъ отъ мѣстоположенія станціи. Мѣста близкія къ морю (Самоа, Тріестъ) за исключеніемъ Потсдама, имѣютъ меньшія величины γ_0 , чѣмъ мѣста континентальныя. Амплитуда первой кривой т.е. кривой $\gamma_1 \sin(\alpha_1 + t)$ увеличивается съ увеличеніемъ широты, а въ Потсдамѣ достигаетъ $2 \times 90 = 180$ ($\frac{v}{m}$). Тоже можно сказать и про амплитуду второй кривой $\gamma_2 \sin(\alpha_2 + 2t)$.

Разсмотримъ теперь видъ первыхъ двухъ элементарныхъ кривыхъ станціи Карасюкъ (сѣв.Лапландіи), которыя вычерчены



Черт. 11.

на черт.11. Складываясь вмѣстѣ эти двѣ кривыя опредѣляютъ суточный ходъ разности потенціаловъ. Изъ непосредственныхъ наблюденій извѣстно, что суточная кривая для Карасюка, какъ и для большинства Европейскихъ станцій, имѣетъ два maximum'a, первый около 10 ч. утра, второй - около 5 ч. вечера. Разсматривая теперь элементарныя кривыя легко видѣть, что вечерній maximum обусловливается maximum'омъ первой элементарной кривой и minimum'омъ второй. Чѣмъ больше амплитуда второй кривой, тѣмъ болѣе кривая суточнаго хода разности потенціаловъ приближается ко второму типу. Третья элементарная кривая имѣетъ всюду очень малыя амплитуды и мало измѣняетъ общій характеръ суточныхъ кривыхъ.

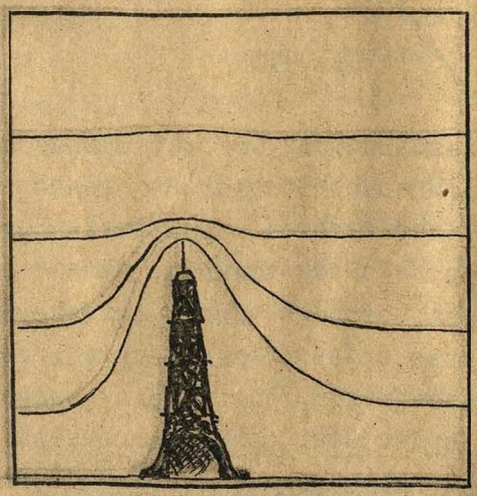
Обратимся теперь къ разсмотрѣнію суточнаго хода разности потенціаловъ въ лѣтніе мѣсяцы, для чего дадимъ разложеніе $\frac{dv}{dh}$ въ рядъ (1).

Для лѣтнихъ мѣсяцевъ.

Карасюкъ	$dv/dh = 97^v/m + 16\,Sin(141° + t) + 9\,Sin(144° + 2t) + 4\,Sin(126° + 3t)$
Кью	$dv/dh = 112^v/m + 9\,Sin(86° + t) + 24\,Sin(184° + 2t) + 2\,Sin(114° + 3t)$
Парижъ	$dv/dh = 134^v/m + 17\,Sin(95° + t) + 27\,Sin(196° + 2t) + 5\,Sin(156° + 3t)$
Лионъ	$dv/dh = 78^v/m + 10\,Sin(256° + t) + 14\,Sin(188° + 2t) + 2\,Sin(110° + 3t)$
Потсдамъ	$dv/dh = 177^v/m + 14\,Sin(342° + t) + 31\,Sin(176° + 2t) + 20\,Sin(108° + 3t)$
Кремсмюнстеръ	$dv/dh = 74^v/m + 12\,Sin(241° + t) + 11\,Sin(209° + 2t) + 2\,Sin(134° + 3t)$
Тріестъ	$dv/dh = 68^v/m + 36\,Sin(240° + t) + 10\,Sin(184° + 2t)$
Остр. Самоа	$dv/dh = 21^v/m + 14\,Sin(222° + t) + 2\,Sin(322° + 2t) + 2\,Sin(348° + 3t)$

Легко замѣтить, что средняя разность потенціаловъ зимою бываетъ въ два раза болѣе чѣмъ лѣтомъ, а зимняя амплитуда оказывается болѣе лѣтней въ четыре-шесть разъ. Величина амплитуды замѣтно уменьшается съ уменьшеніемъ широты.

Мы уже говорили, что изопотенціальныя поверхности изгибаются при каждомъ повышеніи рельефа земли. Въ этомъ легко убѣдиться изъ непосредственныхъ наблюденій; оказывается, напримѣръ, что на башнѣ Эйфеля средняя величина разности потенціаловъ равна 4010 $^v/m$, въ то время какъ внизу въ Парижѣ она составляетъ только 133 $^v/m$. Общій видъ изопотенціальныхъ поверхностей можно представить слѣдующимъ образомъ (черт.12) т.е. на нѣкоторой высотѣ поверхности постепенно выравниваются. Интересно разсмотрѣть суточныя колебанія разности потенціаловъ для этихъ двухъ станцій. Слѣдующія цифры даютъ суточныя отклоненія разности потенціаловъ отъ среднихъ величинъ.



Черт. 12.

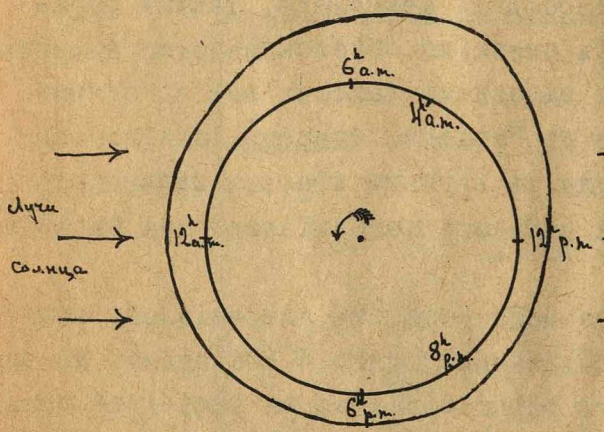
Часы.	Башня Эйфеля	Парижъ	Часы	Башня Эйфеля	Парижъ
1 a.m.	-420$^{v}/_{m}$	+ 4$^{v}/_{m}$	2 p.m.	+500$^{v}/_{m}$	-19$^{v}/_{m}$
2 "	-760 "	-7 "	4 "	+510 "	-21 "
3 "	-860 "	-18 "	6 "	+900 "	-17 "
4 "	-940 " (min)	-19 " (min)	6 30 "	+980 " (max.)	- 2 "
5 "	-790 "	- 5 "	7 "	+940 "	+19 "
6 "	-660 "	+ 9 "	8 "	+660 "	+36 " (Max)
8 "	-270 "	+34 " (Max)	10 "	+170 "	+29 "
10 "	-180 "	- 5 "	12 "	-210 "	+ 7 "
12 "	+ 60	-36 " (min)			

Сравненіе этихъ цифръ показываетъ, что суточная амплитуда разности потенціаловъ внизу въ Парижѣ равна 72$^{v}/_{m}$, а наверху, на башнѣ Эйфеля, 1920 $^{v}/_{m}$. Кромѣ того въ суточномъ ходѣ внизу наблюдается два maximum'а и два manimum'а, а наверху только одинъ maximum и одинъ minimum; причемъ время наступленія вечерняго maximum'а и утренняго minimum'а совпадаютъ. Изъ сравненія кривыхъ видно, что въ суточномъ ходѣ на башнѣ Эйфеля нѣтъ дневного изгиба кривой, котораго вообще не наблюдаютъ въ свободной атмосферѣ. Такимъ образомъ, этотъ дневной изгибъ очевидно обусловливается нижними слоями атмосферы. Кривая съ однимъ maximum'омъ и однимъ minimum'омъ наблюдается и въ Батавіи, причемъ minimum наступаетъ въ то время, когда въ другихъ мѣстахъ наблюдается maximum. Средняя величина разности потенціаловъ для Батавіи равна 211 $^{v}/_{m}$.

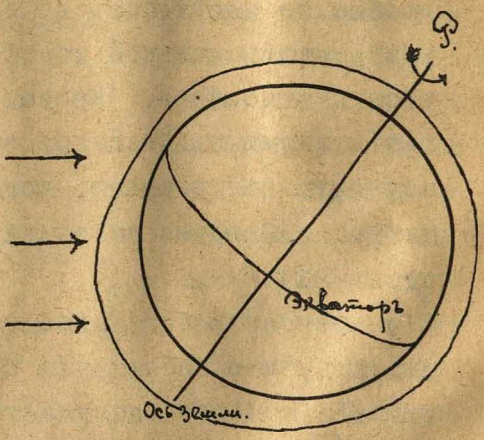
Относительно годового хода разности потенціаловъ можно сказать, что наблюденія отдѣльныхъ станцій указываютъ на то, что minimum его наступаетъ большею частью въ іюнѣ-іюлѣ мѣсяцахъ. (Въ Москвѣ же - въ августѣ). Maximum падаетъ на январь или февраль. Въ сѣверныхъ странахъ наблюдается еще второй maximum - въ ноябрѣ - декабрѣ и второй minimum - въ февралѣ - мартѣ. Это можетъ быть стоитъ въ связи съ сіяніемъ солнца, которое въ странахъ, лежащихъ за полярнымъ кругомъ, свѣтитъ иногда всю ночь. Во время же полярной ночи, какъ и у насъ въ ночные часы наблюденій, разности потенціаловъ оказываются низкими. Раньше мы уже указали, что зимою среднія величины разности потенціаловъ бываютъ въ два раза больше, чѣмъ

лѣтомъ. Эти среднія величины вообще немного уменьшаются съ широтою, въ мѣстахъ близкихъ къ морю, (исключая Потсдама) объ этомъ мы уже упоминали ранѣе.

§ 6. *ВЛІЯНІЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХЪ ЭЛЕМЕНТОВЪ НА ВЕЛИЧИНУ ПОТЕНЦІАЛА.* Взявъ суточную кривую хода разности потенціаловъ, мы можемъ построить изопотенціальную поверхность, облекающую землю, какъ это представлено на черт. 13. Суточный ходъ разности потенціаловъ въ свободной атмосферѣ имѣетъ minimum около 4$^{h.}$ утра. Въ этотъ моментъ изопотенціальныя поверхности удаляются другъ отъ друга. Послѣ восхода солнца разность потенціаловъ увеличивается, достигая въ 8$^{h.}$ вечера maximum'а и разстояніе между изопотенціальными поверхностями становится въ два раза меньшемъ, чѣмъ въ 4$^{h.}$ утра. Въ зависимости отъ положенія точки на земной поверхности происходитъ деформація изопотенціальныхъ поверхностей, которыя какъ-бы придавливаются лучами солнца. Мы найдемъ обратное дѣйствіе солнечныхъ лучей, если разсмотримъ годовой ходъ разности потенціаловъ, который имѣетъ maximum зимой и minimum лѣтомъ (черт.14). Такимъ



Черт. 13.



Черт. 14.

образомъ, непосредственной связи потенціала съ положеніемъ солнца нѣтъ. Болѣе вѣроятна связь атмосфернаго электричества съ процессами испаренія и сгущенія воды. Извѣстно, что при всякихъ осадкахъ потенціалъ сильно мѣняется. Разность потенціаловъ увеличивается при росѣ; при дождѣ наблюдается измѣненіе знака, а особенно рѣзкія колебанія происходятъ при гро-

зовыхъ явленіяхъ. Volta считалъ источникомъ атмосфернаго электричества отрицательныя электрическія массы, поднимающіяся съ поверхности земли при испареніи воды. Эти отрицательныя массы скопляются въ облакахъ и вновь возвращаются на землю вмѣстѣ съ осадками. Слѣдовательно, чѣмъ больше водяныхъ паровъ въ атмосферѣ или облаковъ, тѣмъ сильнѣе должны быть колебанія атмосфернаго электричества. Exner представилъ это такой эмпирической формулой

$$\frac{dV}{dh} = \mathfrak{F} = \frac{A}{1+ab}$$

гдѣ A и a - нѣкоторые коэффиціенты, а b - абсолютная влажность Эта формула показываетъ, что величина потенціала увеличивается съ уменьшеніемъ абсолютной влажности. Коэффиціенты A и a не являются постоянными, что видно изъ наблюденій Elster'a и Geitel'я:

A	Мѣсяцъ
1930	Декабрь
2640	Январь
1175	Февраль

(Exner нашелъ: $A = 1350^{v}/_{m}$ и $a = 1.31$).

Свою формулу онъ считалъ пригодной для любого мѣста и любого времени года; необходимо только знать каждый разъ значенія коэффиціентовъ. Изъ нея мы находимъ, что при малой абсолютной влажности ($b = 0$) разность потенціаловъ очень значительна $\mathfrak{F} = 1350\ ^{v}/_{m}$. Однако наблюденія Benndorf'a и проф. Капустина въ Томскѣ, производившіяся при большихъ морозахъ, когда абсолютная влажность мала, не подтвердили это. Подобное несогласіе пробывали объяснить тѣмъ, что снѣгъ можетъ имѣть свой зарядъ, противодѣйствующій заряду атмосферы. Хорошо согласуется съ формулой Exner'a годовой ходъ разности потенціаловъ. Дѣйствительно зимою - b мало, а $\mathfrak{F}$ велико, лѣтомъ же - b велико, а $\mathfrak{F}$ достигаетъ minimum'a. Однако A и a не остаются постоянными. Суточный ходъ разности потенціаловъ, какъ мы уже видѣли имѣетъ два maximum'a и два minimum'a. Кривая же абсолютной влажности только для континентальныхъ мѣстъ имѣетъ подобный

суточный ходъ (т.е. 2 max. и 2 min.). Въ приморскихъ странахъ среднихъ широтъ кривая абсолютной влажности имѣетъ одинъ maximum и одинъ minimum, а суточная кривая разности потенціаловъ съ однимъ maximum'омъ и съ однимъ minimum'омъ наблюдается на высокихъ станціяхъ, а также на башнѣ Эйфеля. Слѣдовательно, суточный ходъ разности потенціаловъ противорѣчитъ указанной выше формулѣ, что и было признано самимъ Exner'омъ. Подобно этому нельзя установить связи между разностью потенціаловъ и барометрическимъ давленіемъ. Это видно изъ того, что на высотѣ 300 м. кривая суточнаго хода разности потенціаловъ имѣетъ одинъ maximum, тогда какъ кривая суточнаго хода барометрическаго давленія, такъ же какъ и на поверхности земли, имѣетъ два maximum'а и два minimum'а. Годовой ходъ тоже не подтверждаетъ этой связи. Зависимость между разностью потенціаловъ и температурой обнаруживается только въ томъ, что потенціалъ зимою больше, чѣмъ лѣтомъ.

Подводя итогъ можно сказать, что вліяніе метеорологическихъ элементовъ на атмосферное электричество недоказано.

§ 7. *ЗАРЯДЪ ЗЕМНОГО ШАРА.* Если извѣстна разность потенціаловъ, то можно вычислить электрическій зарядъ земли и поверхностную плотность его. Для этого возьмемъ уравненіе Лапласа

$$\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial z} = -4\pi\rho$$

гдѣ ρ - поверхностная плотность электричества на сферѣ, V - потенціалъ. Изопотенціальныя поверхности идутъ почти параллельно поверхности земли; поэтому можно допустить, что измѣненіе потенціала происходитъ только по оси x совъ; слѣдовательно $\frac{\partial V}{\partial y}$ и $\frac{\partial V}{\partial z}$ равны нулю и ур-іе Лапласа обращается въ

$$\frac{\partial V}{\partial x} = -4\pi\rho$$

Вмѣсто $\frac{\partial V}{\partial x}$ вставимъ ту величину, которую мы наблюдаемъ, т.е. $\frac{\partial V}{\partial h}$ и опредѣлимъ ρ:

$$\rho = -\frac{\frac{\partial V}{\partial h}}{4\pi}$$

Для нижнихъ слоевъ атмосферы $\frac{dV}{dh}$ близко къ 100 $^{v}/_{m}$, поэтому

$$\varsigma = -\frac{100}{4\pi}\ {}^{v}/_{m}.$$

Для перевода ς въ электростатическія единицы, нужно раздѣлить вторую часть формулы на 300 и на 100[1] и мы найдемъ

$$\varsigma = -\frac{100}{4.3,14.300.100} = -0.000265\ \text{E.S.E}$$

Зарядъ земного шара $\mathcal{E}$ будетъ равенъ

$$\mathcal{E} = 4\pi r^2 \varsigma = -4.3,14(637700000)^2\,(0.000265)$$

$$\mathcal{E} = -1,35\times10^{15}\ \text{E.S.E.}^{2} = -0,45.10^{6}\ \text{кул.} \doteq -\tfrac{1}{2}\ \text{милл. кулоновъ.}$$

Здѣсь мы допустили, что источникомъ атмосфернаго электричества является зарядъ земного шара. Если-же считать источникомъ собственный зарядъ атмосферы, то при опредѣленіи объемной плотности заряда нужно взять не уравненіе Лапласа, а уравненіе Пуассона.

§ 8. *ТЕОРЕТИЧЕСКІЯ ОБЪЯСНЕНІЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ.* Для объясненія электрическаго поля земли было предложено около 30 научныхъ теорій, несчитая сотни фантастическихъ. Первую строго научную теорію далъ въ 1803 году Erman и независимо отъ него въ 1836 году Peltier, но, несмотря на то, что оба автора пользовались большимъ авторитетомъ, ихъ теорія не получала распространенія вплоть до 1885 г., когда она вновь была обработана Exner'омъ.

Erman допускалъ одинъ родъ электричества, имѣющійся на земной поверхности и представлялъ себѣ электричество подобно теплотѣ, повышающейся и понижающейся отъ нѣкотораго нуля. Подобно этому границей атмосфернаго электричества является отрицательно заряженная поверхность земли, которая дѣйствуетъ на всякую точку атмосферы такъ, что отрицательный потенціалъ ея падаетъ. Легко сообразить, что при такомъ представленіи раз-

---

1) 300 Volt = 1 E.S.E.
1 m. = 100 cm.

2) 1 coul. = 3.10^{9} E.S.E.

ность потенціаловъ $\frac{\partial V}{\partial h} = \mathcal{F}$ для нижнихъ слоевъ атмосферы, должна оставаться постоянной, т.е. $\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial h} = \frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = 0$. Но мы уже видѣли, что разность потенціаловъ имѣетъ суточный и годовой ходъ, затѣмъ осадки сопровождаются и положительнымъ и отрицательнымъ электричествомъ. Слѣдовательно, нельзя считать электрическое поле атмосферы постояннымъ. Томсонъ въ шестидесятыхъ годахъ прошлаго столѣтія допустилъ кромѣ отрицательнаго заряда земли, существованіе въ самой атмосферѣ, положительныхъ и отрицательныхъ массъ электричества, смотря по тому каковъ знакъ $\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial h}$, что рѣшается наблюденіями въ верхнихъ слояхъ атмосферы.

Если атмосфера имѣетъ отрицательный зарядъ, то потенціалъ, съ поднятіемъ вверхъ, увеличивался-бы, такъ какъ къ электрическому полю земли прибавлялось-бы вліяніе отрицательныхъ электрическихъ массъ атмосферы. Если-же зарядъ атмосферы положителенъ, то съ высотою вліяніе земли должно уменьшаться (этому будетъ противодѣйствовать зарядъ атмосферы), слѣдовательно, съ высотою должно уменьшаться $\frac{\partial V}{\partial h}$. Чтобы рѣшить этотъ вопросъ мы должны познакомиться съ наблюденіями въ свободной атмосферѣ.

§ 9. ***ИЗМѢНЕНІЕ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦІАЛОВЪ ВЪ СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРѢ.*** Начало наблюденій въ свободной атмосферѣ можно отнести къ 1784 г., когда John Jeffries, поднявшись въ Лондонѣ на воздушномъ шарѣ, попытался наблюдать разность потенціаловъ. Въ 1803 году Robertson (въ Гамбургѣ) замѣтилъ, что въ верхнихъ слояхъ атмосферы стекло и сургучъ не принимаютъ зарядъ и заключилъ отсюда объ отсутствіи въ атмосферѣ электрическихъ массъ. Годъ спустя Gay-Lussac и Biot нашли, что потенціалъ атмосферы увеличивается съ высотою, но ихъ наблюденія оказались ошибочными, такъ какъ они соединили наружную оболочку измѣрительнаго прибора съ шаромъ, относительно котораго они опредѣлили, такимъ образомъ, величину потенціала. Въ 1862 году Glaischer наблюдалъ, что положительное атмосферное электричество уменьшается съ поднятіемъ вверхъ и на высотѣ 2300 футовъ доходитъ почти до нуля. При этихъ наблюденіяхъ онъ пользовался двумя водяными коллекторами, помѣщенными на разныхъ высотахъ. Въ 1873 г. Tissandier, наблюдая при помощи проволокъ длиною 200 метровъ, заключилъ о существованіи въ обла-

кахъ отрицательнаго электричества. Въ 1885 г. Exner для обоснованія своей теоріи хотѣлъ доказать, что въ атмосферѣ нѣтъ электрическихъ массъ, т.е. что

$$\frac{\partial F}{\partial h} = 0 \text{ или } \frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = 0$$

Для этого онъ пускалъ до высоты 50 метровъ шары съ водородомъ и нашелъ разность потенціаловъ постоянной. Однако такая высота недостаточна, конечно, для вывода какихъ-либо заключеній. Въ томъ-же году поднялся Lecher и нашелъ, что на высотѣ отъ 440 до 660 метр. разность потенціаловъ равнялась 193 $^v/_m$, а на поверхности земли наблюдали только 92 $^v/_m$. Отсюда слѣдовало заключеніе, что нижніе слои атмосферы имѣютъ, какъ и поверхность земли, отрицательный зарядъ. Однако въ 1892 г. Tuma пришелъ къ противоположному результату: на высотѣ 1900 м. разность оказалась 40 $^v/_m$, въ то время, когда на высотѣ 410 м. было 70 $^v/_m$. Въ слѣдующемъ году Le Cadet наблюдалъ

на высотѣ	*1300–760 м.*	*разность пот.*	*28–38* $^v/_m$
	740 „		*45* „
	615 „		*75* „

Эти наблюденія собственному заряду атмосферы приписываютъ положительный знакъ. Наблюденія Le Cadet въ 1897 г. дали

Высота	*4050* ^{m}.	*разн. пот.*	*13* $^v/_m$.
	3520–2850 ^{m}.		*17–27* „
	2520 ^{m}.		*16* „
	1940 ^{m}.		*23–25* „
	1940–1140 ^{m}.		*27–44* „
	1140 ^{m}.		*43* „
	824 ^{m}.		*37* „
	0 ^{m}.		*150* „

Изъ этихъ наблюденій можно заключить о „слоистости" въ распредѣленіи атмосфернаго электричества, кромѣ того видно и паденіе разности потенціаловъ съ высотою. Къ тѣмъ-же результатамъ пришелъ и Bashin при подъемѣ въ Берлинѣ въ 1894 г.

Высота	3810 m.	разн. пот.	19 v/m.
	3650 "		25 "
	2800 "		13 "
	2400 "		28 "
	760 "		49 "

Здѣсь тоже видно правильное убываніе потенціала за исключеніемъ высоты 2800 м., гдѣ наблюдается скачекъ, объясняемый присутствіемъ облаковъ. На такое-же правильное паденіе потенціала съ высотою указываютъ и наблюденія Gerdien'a.

Высота	5900 m.	разн. пот.	8 v/m
	5700-5000 "		9 "
	3000 "		10-20 "
	1000 "		20-30 "
	0 "		100 "

Если считать доказаннымъ это паденіе потенціала съ высотою, то, какъ мы видѣли, нужно допустить, что въ атмосферѣ имѣются электрическія массы положительнаго знака. Зарядъ атмосферы можетъ измѣняться воздушными теченіями. При восходящихъ токахъ разность потенціаловъ увеличивается въ верхнихъ слояхъ атмосферы. При фёнѣ, напримѣръ, получается значительное колебанія потенціала на большихъ разстояніяхъ.

§ 10. *ИЗМѢНЕНІЕ АТМОСФЕРНАГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ВЪ НИЖНИХЪ СЛОЯХЪ АТМОСФЕРЫ И РАЗСѢЯНІЕ ЕГО.* Наблюдая двумя коллекторами, установленными на двухъ изолированныхъ стойкахъ (одинъ на высотѣ 1 метръ, другой на высотѣ 2 метровъ) Daunderer изслѣдовалъ измѣненіе электричества, начиная съ самой поверхности земли. Изъ такихъ наблюденій была найдена объемная плотность электричества нижнихъ слоевъ атмосферы. Въ условныхъ единицахъ она оказалась равной

Январь	- 0.675	Іюнь	+ 0.856
Февраль	- 0.486	Іюль	+ 0.643
Мартъ	- 0.216	Ноябрь	+ 0.729
Апрѣль	+ 0.216	Декабрь	+ 0.618
Май	+ 0.729		

Получается опредѣленный годовой ходъ ея съ maximum'омъ въ іюнѣ и minimum'омъ въ январѣ. Очень возможно, что на уменьшеніе объемной плотности вліяетъ снѣжный покровъ. На атмосферное электричество сказываетъ вліяніе также и атмосферная пыль. Elster и Geitel нашли, что,

если предметъ (горы) виденъ на разст. 0.67 кил., то $\frac{\partial v}{\partial h}$ = 378 v/m
" " " " " 1.75 " " 298 "
" " " " " 5.25 " " 122 "

Отсюда можно заключить, что съ уменьшеніемъ прозрачности воздуха разность потенціаловъ въ нижнихъ слояхъ атмосферы увеличивается.

Этотъ вопросъ стоитъ уже въ связи съ вопросомъ о разсѣянія атмосфернаго электричества. Первые опыты опредѣленія разсѣянія сдѣлалъ Coulomb. Онъ пользовался для этого шарикомъ, изолированнымъ путемъ подвѣшиванія на шелковой нити. Сообщаемый шарику зарядъ терялся по истеченіи нѣкотораго времени, которое не измѣнялось при увеличеніи числа нитей. Это исчезновеніе электричества Coulomb объяснилъ дѣйствіемъ атмосферной пыли и для опредѣленія потери заряда далъ формулу

$$dQ = -\alpha Q dt$$

гдѣ α - коэфф. пропорц., Q - зарядъ, dt - элементъ времени. Отсюда:

$$\frac{dQ}{Q} = -\alpha dt \quad \text{или} \quad \lg Q = -\alpha t + C.$$

при $t=0$, $C = \lg Q_0 = \lg$ первонач. заряда. Слѣдовательно,

$$\lg \frac{Q}{Q_0} = -\alpha t \quad \text{или} \quad Q = Q_0 e^{-\alpha t}$$

Опыты Coulomb'а повторялись многими лицами, изслѣдовавшими вмѣстѣ съ тѣмъ зависимость α отъ влажности воздуха, барометрическаго давленія и знака заряда. Вскорѣ пришли къ убѣжденію, что знакъ заряда не играетъ никакой роли, съ уменьшеніемъ-же атмосфернаго давленія, коэффиціентъ α увеличивается. Въ 1883 году Linss перенесъ опыты надъ разсѣяніемъ электричества изъ лабораторіи на открытый воздухъ.

Для этого онъ выставлялъ изъ окна шестъ съ маленькой металлической пластинкою, которой сообщался зарядъ и наблюдалъ время его потери, послѣ чего легко было опредѣлить α по формулѣ

$$\alpha = \frac{\lg Q_0 - \lg Q}{0.4343} \cdot \frac{1}{t}$$

получаемой преобразованіемъ формулы Coulomb'a. Изъ наблюденій Linss нашелъ слѣдующія величины α для отдѣльныхъ мѣсяцевъ.

Январь	*0.004*	*Августъ*	*0.017*
Февраль	*0.005*	*Сентябрь*	*0.014*
Мартъ	*0.009*	*Октябрь*	*0.008*
Апрѣль	*0.013*	*Ноябрь*	*0.006*
Май	*0.012*	*Декабрь*	*0.006*
Іюнь	*0.017*		

Отсюда видно, что maximum разсѣянія наблюдается лѣтомъ, а minimum - зимою. (Разность потенціаловъ, какъ мы видѣли, имѣетъ противоположный ходъ). Кромѣ того имъ было найдено, что днемъ разсѣяніе на 50% болѣе, чѣмъ утромъ. До того времени думали, что присутствіе водяныхъ паровъ въ атмосферѣ ухудшаетъ изоляцію, опыты-же Linss'a показали, что наилучшей изоляціей является сухой туманъ. Слѣдовательно, разсѣяніе уменьшается отъ присутствія въ воздухѣ водяныхъ паровъ и пыли, которые какъ-бы защищаютъ наэлектризованное тѣло отъ потери заряда.

Изъ опытовъ Linss'a видно, что всякій зарядъ теряется, въ среднемъ, въ теченіе 100 минутъ. Слѣдовательно, и зарядъ земли, если онъ существуетъ долженъ былъ-бы разсѣяться въ этотъ короткій промежутокъ времени. Еще ранѣе Exner утверждалъ, что зарядъ земли, теряемый разсѣяніемъ возвращается къ ней вмѣстѣ съ осадками. Чтобы разобраться въ этомъ вопросѣ Linss вывелъ особую формулу (пользуясь формулами Laplace'a и Hann'a и закономъ Gay-Lussac'a), связывающую число молекулъ воздуха - l, съ числомъ молекулъ водяного пара m, предполагая послѣдній въ состояніи насыщенія, и съ числомъ молекулъ β водяного пара, выпавшаго въ видѣ дождя,

а именно:

$$\frac{l+m}{\beta m} = \frac{22940}{1}, \text{ причемъ } \frac{l}{m} = \frac{18400\left(1-10^{-\frac{h^{(m)}}{18400^{(m)}}}\right)}{6517\left(1-10^{-\frac{h^{(m)}}{7517^{(m)}}}\right)} \cdot \frac{B_0}{a_0}$$

гдѣ B_0 - давленіе, a_0 - абсолютная влажность и h - высота.

Изъ этой формулы видно, что если осадки возвращаютъ зарядъ, то это происходитъ въ пропорціи 22940 : 1, т.е. на земную поверхность ими приносится только $^1/_{22940}$ часть разсѣиваемаго электричества. Въ такомъ случаѣ, по вычисленію Exner'a, въ каждомъ кубическомъ метрѣ воздуха, при равномѣрномъ его распредѣленіи съ высотою должно находиться 45 E.S.E. Но такого большого заряда въ атмосферѣ не наблюдается. Выводы Linss'a, формулированные въ его работѣ, опубликованной въ 1886 г., доказываютъ, что или зарядъ земли слишкомъ малъ, или круговоротъ электричества недоказанъ, по крайней мѣрѣ въ томъ видѣ, какъ это предполагалось. Linss наблюдалъ разсѣяніе только отрицательнаго электричества. Наблюденія-же Elster'a и Geitel'я въ 1899 г. показали, что положительное электричество разсѣивается по другому закону. Въ атмосферѣ, слѣдовательно, наблюдается избирательное разсѣяніе, которое Elster и Geitel наблюдали при помощи электрометра Exner'a, на стержень котораго надѣвался пилиндръ, заряжаемый то положительнымъ, то отрицательнымъ электричествомъ. Опредѣленіе разсѣянія этимъ приборомъ сводится къ слѣдующимъ двумъ пріемамъ. Сначала сообщаютъ опредѣленный зарядъ V_0 - пилиндру и черезъ время t наблюдаютъ оставшійся зарядъ V_t. Если обозначить черезъ K и E соотвѣтственно емкости пилиндра и электрометра, то законъ Coulomb'a въ видоизмѣненной формѣ представится такъ:

$$dV = -\frac{\alpha'}{K+E} V dt$$

Отсюда легко найти коэфф. пропорц. α'.

$$\alpha' = \frac{K+E}{t} \lg_{nat.} \frac{V_0}{V_t} \quad \text{или} \quad \alpha' = \frac{K+E}{0.4343} \cdot \frac{1}{t} \lg \frac{V_0}{V_t}$$

Второе наблюденіе заключается въ опредѣленіи коэфф. пропорціональности закона Coulomb'a для одного лишь электрометра. Для этого снимаютъ пилиндръ и даютъ электрометру зарядъ V_0'

и черезъ время t' наблюдаютъ оставшійся зарядъ $v'_{t'}$; послѣ чего можно вычислить:

$$\alpha'' = \frac{\varepsilon}{0.4343} \cdot \frac{1}{t'} \lg \frac{v'_0}{v'_{t'}}$$

Величину разсѣянія электричества α , вычисляемую въ процентахъ первоначальнаго заряда, выражаютъ формулой:

$$\alpha = \frac{(\alpha' - \alpha'')}{K} 100.$$

Обычно наблюденія ведутъ такъ, что $t = t'$. Въ такомъ случаѣ разсѣяніе электричества цилиндромъ представится слѣдующимъ образомъ:

$$\alpha = \frac{100}{0.4343} \cdot \frac{1}{t} \cdot \frac{K+\varepsilon}{K} \left\{ \lg \frac{v_0}{v_t} - \frac{\varepsilon}{K+\varepsilon} \lg \frac{v'_0}{v'_t} \right\}$$

Обозначая $\frac{\varepsilon}{K+\varepsilon}$ черезъ n найдемъ:

$$\frac{K+\varepsilon}{K} = \frac{K+\varepsilon}{K+\varepsilon-\varepsilon} = \frac{1}{1-\frac{\varepsilon}{K+\varepsilon}} = \frac{1}{1-n}$$

Слѣдовательно

$$\alpha = \frac{100}{0.4343t} \cdot \frac{1}{1-n} \left\{ \lg \frac{v_0}{v_t} - n \lg \frac{v'_0}{v'_t} \right\}$$

Эта формула и служитъ для опредѣленія коэфф. разсѣянія α.

Наблюденія на горѣ Сонбликѣ показали, что разсѣяніе положительнаго заряда при облакахъ достигаетъ 0.7% въ каждую минуту, при туманѣ - 0.3% и при ясной погодѣ - 2%, тогда какъ отрицательное электричество въ послѣднемъ случаѣ разсѣиваетъ 8.3% своего заряда въ минуту. Слѣдовательно, разсѣяніе отрицательнаго электричества на высокихъ горахъ въ четыре раза больше, чѣмъ разсѣяніе положительнаго. Наблюденія вблизи водопадовъ дали противоположный результатъ:

Разсѣяніе положит. заряда $\varepsilon_+ = 16.9\%$
" *отрицат.* " $\varepsilon_- = 1.9$"

Работа Elster'a и Geitel'я открыла новую эру въ ученіи объ атмосферномъ электричествѣ. Съ 1899 года электричество стали сводить къ дѣйствію іоновъ. Изъ нихъ отрица-

Тяжёлые разсѣиваютъ положительное электричество, положительные — отрицательное. Чѣмъ больше въ атмосферѣ іоновъ, тѣмъ быстрѣе теряется соотвѣтствующій зарядъ и обратно. Наблюданія Elster'a и Geitel'я указываютъ на существованіе въ атмосферѣ униполярности, т.е. на преобладаніе въ ней іоновъ одного опредѣленнаго знака. Разсѣяніе принято обозначать буквою α_+ для положительнаго заряда (отрицательными іонами) и буквою $-\alpha_-$ для отрицательнаго (положительными іонами). Отношеніе $\frac{\alpha_-}{\alpha_+}$ обозначаютъ черезъ q: $q = \frac{\alpha_-}{\alpha_+}$. Изъ этого отношенія слѣдуетъ, что

если $\alpha_+ > \alpha_-$, то $q < 1$
" $\alpha_+ < \alpha_-$, " $q > 1$

Наблюденія надъ разсѣяніемъ доказываютъ существованіе 1) суточнаго хода, 2) годового хода, 3) измѣненіе числа іоновъ съ высотою въ горныхъ странахъ и 4) измѣненіе его съ высотою въ атмосферѣ.

§ 11. *ГОДОВОЙ и СУТОЧНЫЙ ХОДЪ РАЗСѢЯНІЯ АТМОСФЕРНАГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.* Наблюденія надъ разсѣяніемъ электричества, начатыя Elster'омъ и Geitel'емъ, повторялись во многихъ мѣстахъ отъ Шпицбергена до Африки, но производились непостоянно, иногда случайными наблюдателями и преимущественно даже въ каникулярное время. Все-таки для нѣкоторыхъ мѣстъ можно установить годовой ходъ въ разсѣяніи электричества. Разсмотримъ его.

Мѣсто наблюденія.	*Періодъ наблюд.*	*Январь*			*Августъ*		
		$a-$	$a+$	q	$a-$	$a+$	q
Москва	*4 г.*	*0.43%*	*0.48%*	*0.90*	*1.02%*	*0.70%*	*1.46*
Кремсмюнстеръ	*3 "*	*1.01"*	*0.80"*	*1.26*	*1.47"*	*1.35"*	*1.09*
Тріестъ	*2 "*	*0.59"*	*0.61"*	*0.97*	*0.66"*	*0.54"*	*1.22*

Изъ этого видно, что въ Москвѣ въ январѣ мѣсяцѣ въ теченіе одной минуты теряется 0.48% положительнаго заряда, а отрицательнаго только - 0.43%. Слѣдовательно, въ январѣ отрицательныхъ іоновъ на 0.05% болѣе, чѣмъ положительныхъ. Къ августу мѣсяцу количество положительныхъ іоновъ увеличивается въ $2\frac{1}{2}$ раза, а количество отрицательныхъ только въ $1\frac{1}{2}$ раза поэтому въ августѣ преобладаютъ положительные іоны. Въ Кремсмюнстерѣ число іоновъ велико и зимой и лѣтомъ, но отношеніе ихъ

(q) увеличивается зимою. Изъ таблицы видно, что характеръ измѣненія коэффиціентовъ a_+ и a_- въ Тріестѣ и Кремсмюнстерѣ противоположенъ, хотя эти станціи лежатъ близко одна отъ другой. Elster и Geitel выяснили годовой ходъ разсѣянія въ среднемъ для положительныхъ и отрицательныхъ зарядовъ, опредѣляя каждый разъ величину

$$a = \frac{1}{2}(a_+ + a_-),$$

значеніе которой для отдѣльныхъ станцій дано ниже.

Станція	*Max. a и время наступленія его.*		*Min. a и время наступленія его.*	
Москва	0.86 %	VIII	0.45 %	I
Тріестъ	0.63 "	IX	0.53 "	II
Дармштадтъ	1.70 "	VIII	0.43 "	I
Вольфенбюттель	1.55 "	IV	1.12 "	I
Кремсмюнстеръ 1902 г.	1.57 "	VI	0.89 "	I
" *1903 г.*	1.64 "	IX	0.82 "	I
Карасюкъ 1903-1904 г.	5.61 "	VII	1.72 "	I

Отсюда видно, что minimum іоновъ для всѣхъ мѣстъ наступаетъ почти въ одно и то же время - въ январѣ; maximum для большинства мѣстъ падаетъ на августъ. Особенно велико разсѣяніе въ Карасюкѣ (сѣверъ Лапландіи) въ іюлѣ, гдѣ оно достигаетъ 5,6% въ минуту. Слѣдовательно, здѣсь каждый зарядъ теряется въ теченіе 18 минутъ, тогда какъ для Тріеста въ то же время для полной потери заряда требуется 2 часа и 39 мин. Вообще годовой ходъ разсѣянія, въ противоположность годовому ходу разности потенціаловъ, имѣетъ maximum лѣтомъ и minimum зимой, слѣдовательно, и количество іоновъ увеличивается отъ зимы къ лѣту.

Матеріалъ, служащій для опредѣленія суточнаго хода разсѣянія, оказывается еще болѣе скуднымъ, хотя при этомъ пользуются самопишущими приборами (напр. приборомъ Schering'); кромѣ того совершенно нѣтъ наблюденій южныхъ станцій. Въ Фрейбургѣ были получены слѣдующія значенія по непосредственнымъ наблюденіямъ.

	ЗИМНІЯ НАБЛЮДЕНІЯ		ЛѢТНІЯ НАБЛЮДЕНІЯ	
	a_-	a_+	a_-	a_+
7^h a.m.	3.98 %	1.65 %	3.99 %	2.68 %
8 "	2.75 "	1.59 "	4.26 "	3.04 "
9 "	2.61 "	1.98 "	4.62 "	3.86 "
3 p.m.	4.09 "	2.99 "	6.19 "	5.74 "
4 "	4.30 "	2.84 "	6.47 "	5.50 "
5 "	3.64 "	2.55 "	6.51 "	4.93 "
7 "	2.99 "	1.99 "		
8 "	3.17 "	1.90 "	4.97 "	3.94 "

Зимнія наблюденія для суточнаго хода даютъ два ясно выраженныхъ maximum'a и два minimum', а лѣтнія - указываютъ на опаздываніе времени наступленія minimum'овъ, что вѣроятно стоитъ въ связи съ восходомъ и заходомъ солнца. Лѣтнія абсолютныя величины разсѣянія значительно больше зимнихъ. Суточная амплитуда достигаетъ лѣтомъ 3%, а зимою $1\frac{1}{2}$%.

Разсмотримъ теперь *вліяніе метеорологическихъ элементовъ на разсѣяніе.*

Многіе наблюдатели старались найти связь между коэффиціентомъ разсѣянія и разнообразными метеорологическими элементами, особенно съ атмосфернымъ давленіемъ. Проф. А.А.Сперанскій въ своей диссертаціи приводитъ слѣдующую таблицу:

ДАВЛЕНІЕ	a_-	a_+
720 - 725 мм.	0.52 %	0.55 %
725 - 730 "	0.71 "	0.75 "
730 - 735 "	0.67 "	0.75 "
735 - 740 "	0.73 "	0.68 "
740 - 745 "	0.87 "	0.70 "
745 - 750 "	0.81 "	0.65 "
750 - 755 "	0.71 "	0.59 "
755 - 760 "	0.57 "	0.51 "
760 - 765 "	0.47 "	0.48 "
765 - 770 "	0.35 "	0.39 "

Отсюда видно, что наибольшее разсѣяніе соотвѣтствуетъ среднему давленію, которое преобладаетъ въ лѣтніе мѣсяцы. Этимъ легко объясняется, почему лѣтомъ разсѣяніе больше, чѣмъ зимою, когда (въ нашихъ широтахъ) среднихъ величинъ давленія

мало и въ большинствѣ случаевъ наблюдаются величины или высокія или низкія. Къ подобному же результату мы придемъ если разсмотримъ наблюденія другихъ станцій. Возьмемъ, напримѣръ, Кремсмюнстеръ и Тріестъ.

Кремсмюнстеръ	*Давленіе*	*a*
	720 mm.	*1.26 %*
	725 "	*1.39 "*
	730 "	*1.38 "*
	735 "	*1.24 "*
	740 "	*1.04 "*

Тріестъ	*Давленіе*	*a*
меньше	*750 mm.*	*0.50 %*
	755 - 760 mm.	*0.54 "*
	760 - 765 "	*0.52 "*
выше	*765 mm.*	*0.47 "*

Вмѣстѣ съ давленіемъ на разсѣяніе могутъ оказывать вліяніе температура, влажность и другіе метеорологическіе элементы; поэтому для полученія вполнѣ опредѣленнаго результата необходимо принять ихъ во вниманіе. Въ пещерѣ около Кремсмюнстера, гдѣ влажность и температура во время наблюденій не измѣнялись, удалось исключить вліяніе этихъ элементовъ и такимъ образомъ нашли, что давленіе имѣетъ кривую обратную кривой разсѣянія, причемъ колебанія разсѣянія запаздываютъ противъ колебанія давленія на 8 мин. Это немного отступаетъ отъ того заключенія, которое мы сдѣлали, разсматривая московскія наблюденія. Опредѣляя зависимость разсѣянія отъ давленія нельзя вполнѣ освободиться отъ вліянія различныхъ метеорологическихъ элементовъ и такъ какъ лабораторные опыты не могутъ замѣнить наблюденій въ свободной атмосферѣ, то приходиться прибѣгать только къ накапливанію большого количества наблюденій. Наблюденія въ пещерѣ около Кремсмюнстера показываютъ, что уменьшенное давленіе соотвѣтствуетъ увеличенію іоновъ. Однако изъ наблюденій въ свободной атмосферѣ можно съ неменьшимъ основаніемъ заключить, что число іоновъ увеличивается и при высокомъ давленіи, если только велика прозрачность воздуха. Зависимость между прозрачностью воздуха и числомъ іоновъ въ

атмосферѣ можно охарактеризовать слѣдующими результатами наблюденій Elster'a и Geiter'a въ Вольфенбюттелѣ, причемъ мѣрой прозрачности у нихъ служитъ видимость горъ на опредѣленномъ разстояніи.

Если предметъ виденъ на	*то разсѣяніе равно*
разстояніи 15 килом.	$a_{\mp} = 1.73\ \%$
томъ-же разстояніи слабо	*1.34 "*
разстояніи 2.5 кил.	*1.02*
при туманѣ	*0.50*

Такой же результатъ полученъ и въ Кремсмюнстерѣ. Когда были видны предметы, удаленные до 120 километровъ, разсѣяніе оказалось равнымъ 16,5%, противъ нормальныхъ 1,2%. Слѣдовательно, при большой прозрачности зарядъ теряется въ 60 минутъ, а при туманѣ въ 200 минутъ. Такимъ сбразомъ выходитъ, что съ увеличеніемъ прозрачности увеличивается разсѣяніе заряда. Elster и Geitel объясняютъ это тѣмъ, что мутная, малопрозрачная среда задерживаетъ іоны, прозрачная же - способствуетъ большей подвижности ихъ, отчего увеличивается нейтрализація ихъ зарядомъ, слѣдовательно, и коэф. разсѣянія. Въ антициклонахъ, во время прохожденія которыхъ прозрачность воздуха велика, мы могли бы ожидать большихъ коэффиціентовъ разсѣянія, но наблюденія не оправдываютъ этого. Подобное противорѣчіе можно объяснить тѣмъ что въ антициклонахъ существуетъ высокое давленіе воздуха, а оно, какъ мы видѣли ранѣе, уменьшаетъ разсѣяніе. Съ большимъ правомъ мы могли бы ожидать большихъ коэффиціентовъ разсѣянія на высокихъ горахъ, гдѣ прозрачность атмосферы велика, а давленіе мало, однако наблюденія даютъ слѣдующее:

МѢСТО НАБЛЮДЕНІЯ	*ВЫСОТА*	a_+	a_-	q
Monte Solaro на Кипрѣ	*585 м.*	*0.47%*	*6.94%*	*14.8*
Monte Salvatore	*909 "*	*0.53"*	*2.17"*	*4.1*
Monte Generoso	*1704 "*	*0.22"*	*3.33"*	*15.1*
Piz Languard	*3220 "*	*1.09"*	*18.48"*	*16.9*

Эти цифры указываютъ на существованіе въ этихъ мѣстностяхъ совершенно особыхъ условій, *измѣняющихъ* характеръ разсѣянія. Легко видѣть, что количество отрицательныхъ іоновъ, наблю-

даемое на горахъ весьма мало, по сравненію съ тѣмъ, которое мы имѣемъ внизу и въ среднемъ, положительныхъ іоновъ тамъ въ 15 разъ больше чѣмъ отрицательныхъ. Это легко можно объяснить, если допустить, что земля имѣетъ отрицательный зарядъ; въ этомъ случаѣ гора будетъ играть роль острія, которое притягиваетъ къ себѣ положительные іоны. Подобной униполярности при обычныхъ условіяхъ въ свободной атмосферѣ не замѣчается.

Большія величина a_- и a_+ можно наблюдать и на берегахъ морей, причемъ на моряхъ одновременно велико и q.

Мѣсто наблюденія	a_+	a_-	q
Шпицбергенъ	*3.8 %*	*5.9 %*	*1.6*
Тромзее (Сѣв. Норвегія)	*4.0 "*	*4.4 "*	*1.1*
Капри	*6.5 "*	*7.5 "*	*1.2*

(Существованіемъ сильнаго разсѣянія вблизи морей можетъ быть объясняется и освѣжающее дѣйствіе моря на организмъ человѣка).

Наряду съ выясненіемъ зависимости разсѣянія отъ давленія были сдѣланы попытки установить связь между температурой и разсѣяніемъ. По наблюденіямъ проф. Сперанскаго имѣемъ:

Температ.	a_-	a_+	q
- 20° - - 25°	*0.29 %*	*0.33 %*	*0.88*
+ 25° - + 30°	*1.07 "*	*0.69 "*	*1.55*

Подобно этому въ Карасюкѣ было получено:

Температ.	q
ниже - 20°	*0.83*
отъ + 10° до + 15°	*4.97*

Надо замѣтить что на разсѣяніе вѣроятно вліяетъ не сама температура, а время года или что тоже положеніе солнца относительно экватора, такъ какъ подъ тропиками, гдѣ нѣтъ рѣзкихъ колебаній температуры, годовой ходъ разсѣянія почти не отличается отъ того, который мы имѣетъ въ нашихъ широтахъ. Эта зависимость разсѣянія отъ положенія солнца сказывается еще и въ томъ, что можно установить кажущуюся связь между разсѣяніемъ и абсолютной влажностью, у которой имѣется опредѣленный годовой ходъ въ зависимости отъ времени года. Наибольшее вліяніе изъ

метеорологическихъ элементовъ на разсѣяніе оказываютъ 1) вѣтеръ и 2) разность потенціаловъ. Разсмотримъ наблюденія въ Тріестѣ (набл. Mazelle) и въ Карасюкѣ.

Тріестъ.	*Сила вѣтра*	a_-
	0 - 5 km/h	*0.33*
	болѣе 70 "	*1.91*
Карасюкъ.	*Сила вѣтра по Бофорту* [1]	a_-
	0 - 1	*1.57*
	2 - 3	*4.52*
	≧ 4	*6.20*

Отсюда ясно видно, что величина коэффиціента разсѣянія растетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ силы вѣтра; вліяніе его при наблюденіяхъ разсѣянія отчасти устраняется тѣмъ, что разсѣивающій цилиндръ защищается особымъ защитнымъ цилиндромъ, такъ называемымъ колпакомъ, главное назначеніе котораго - защита отъ электрическаго поля земли.

Разсмотримъ вліяніе величины разности потенціаловъ на разсѣяніе. Проф. Сперанскій для Москвы получилъ:

dv/dh	a_-	a_+	q
20 - 60 v/m	*0.87 %*	*0.67 %*	*1.30*
60 -100 "	*0.73 "*	*0.61 "*	*1.20*
100 -140 "	*0.67 "*	*0.54 "*	*1.24*
140 -180 "	*0.57 "*	*0.48 "*	*1.19*
180 -220 "	*0.70 "*	*0.57 "*	*1.23*
220 -260 "	*0.40 "*	*0.41 "*	*0.98*
> 260 "	*0.38 "*	*0.43 "*	*0.88*

Изъ этого мы видимъ уменьшеніе числа іоновъ съ возрастаніемъ разности потенціаловъ, причемъ число положительныхъ іоновъ уменьшается быстрѣе, чѣмъ число іоновъ отрицательныхъ. Наблюденія въ Фрейбургѣ (въ Швейцаріи) даютъ противоположный результатъ.

dv/dh	q
0 - 50 v/m	*1.12*
50 - 100 "	*1.31*
100 - 150 "	*1.69*
150 - 200 "	*1.84*

---

[1] *1 баллъ по Бофорту = 3 m/s.*

Здѣсь замѣтно правильное увеличеніе q съ увеличеніемъ $\frac{dv}{dh}$. Несогласіе съ московскими наблюденіями возможно разрѣшить наблюденіями другихъ станцій, такъ какъ для Фрейбурга мы не имѣемъ отдѣльно значеній a_- и a_+.

Въ Карасюкъ найдено:

dv/dh	a_-
50 - 100 v/m	4.48 %
100 - 150 "	3.66 "
150 - 200 "	2.22 "
200 - 300 "	1.47 "
300 - 400 "	0.72 "
> 400 "	0.57 "

Въ Кремсмюнстерѣ-же получено:

dv/dh	a
75 - 100 v/m	1.18 %
125 - 150 "	0.82 "
175 - 200 "	0.59 "
> 250 "	0.66 "

Эти наблюденія подтверждаютъ результатъ, полученный въ Москвѣ и можно такимъ образомъ считать установленнымъ такую зависимость разсѣянія отъ величины разности потенціаловъ, что кривыя ихъ имѣютъ обратный ходъ.

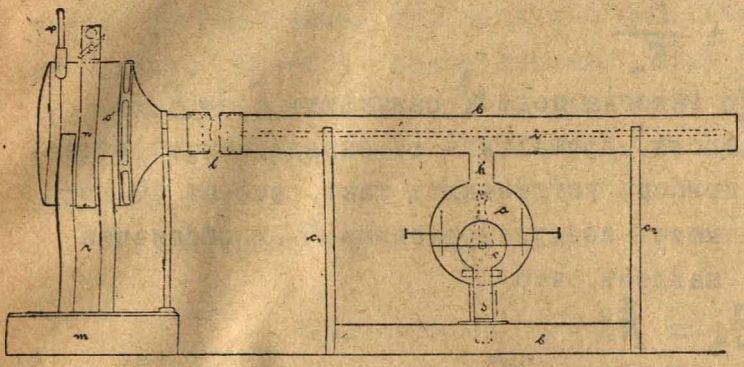
Всѣ другіе метеорологическіе элементы такъ или иначе вліяютъ на разсѣяніе, но внутренняя связь едва-ли между ними существуетъ. Вѣроятно велико вліяніе облаковъ, но для выясненія этого вопроса нѣтъ еще достаточнаго количества наблюденій. Замѣчено, напримѣръ, что при прохожденіи облаковъ передъ солнцемъ такъ же какъ и при солнечныхъ затменіяхъ, разсѣяніе понижается. Впрочемъ высокія облака могутъ и не оказывать вліянія на разсѣяніе вблизи земной поверхности, низкія-же обыкновенно сопровождаются малыми величинами a; однако это можетъ быть зависитъ отъ другихъ причинъ.

§ 12. *ЧИСЛА ІОНОВЪ ВЪ АТМОСФЕРѢ.* Для опредѣленія числа іоновъ Ebert предложилъ слѣдующій приборъ. Обыкновенный электрометръ Exner'a при помощи стержня h соединяется съ

цилиндрическимъ конденсаторомъ d, между обкладками котораго (см.черт.15) протягивается воздухъ помощью аспиратора n съ опредѣленною скоростью. При измѣреніи числа іоновъ наружная часть прибора соединяется съ землей. Скорость тока протягиваемаго воздуха черезъ трубу b опредѣляется изъ слѣдующаго неравенства Ebert'a

$$2V\nu\mathcal{L} > W(R^2-r^2)\lg\frac{R}{r}$$

гдѣ V - зарядъ конденсатора, ν - подвижность іоновъ $\mathcal{L}$ и r соотвѣтственно его длина и радіусъ, R - радіусъ трубы и W - скорость пропускаемаго въ ней воздуха. Выбирая для прибора соотвѣтствующія значенія $\mathcal{L}$, R и r можно опредѣлить требуемую скорость тока или минимальный зарядъ конденсатора V.



Черт. 15.

Наблюденія ведутъ слѣдующимъ образомъ. Сообщаютъ конденсатору опредѣленный зарядъ V_1 и черезъ время t наблюдаютъ оставшійся зарядъ V_2; тогда количество іоновъ осѣвшихъ на конденсаторъ въ единицу времени выразится числомъ

$$\frac{V_1-V_2}{t},$$

выраженнымъ въ электростатическихъ единицахъ.

Если массу пропущеннаго воздуха сквозь приборъ обозначить черезъ $\mathcal{M}$, а емкость прибора черезъ C, то

$$E=\frac{C(V_1-V_2)}{\mathcal{M}}$$

представитъ количество нейтрализованнаго или, какъ говорятъ, молизированнаго электричества. Чтобы исключить разсѣяніе электричества листочками электрометра и разсѣяніе черезъ образованія новыхъ іоновъ внутри прибора, производятъ второе наблюденіе. Для этого закрываютъ отверстіе трубы и сообщаютъ конденсатору новый зарядъ V_1 и наблюдаютъ, черезъ тоже самое время оставшійся зарядъ V_2. Послѣ этого мы можемъ болѣе точно выразить E такою формулою:

$$E=\frac{C}{\mathcal{M}}\left\{(V_1-V_2)-(V_1-V_2)\right\}$$

Библиотека имени Н. Ленина

Величину E опредѣляютъ какъ для положительнаго такъ и для отрицательнаго заряда и поэтому ее сопровождаютъ знаками — или + подобно тому, какъ сопровождаютъ знаками коэффиціентъ разсѣянія a. Кромѣ E_+ и E_- вычисляютъ величину

$$q = \frac{E_+}{E_-}$$

аналогично величинѣ q. (Иногда подъ q разумѣютъ $E_+ - E_-$).

Принимая число іоновъ, прошедшихъ съ опредѣленнымъ объемомъ воздуха (обычно приборъ устраиваютъ такъ, что въ 10 минутъ проходитъ 1 куб. метръ воздуха) равнымъ n и обозначая зарядъ іона черезъ ε найдемъ, что

$$E_\pm = \overset{\pm}{n}\varepsilon$$

Обычно принимаютъ $\varepsilon = 3{,}4 \times 10^{-10}$ E.S.E.

Величину $n\varepsilon$ называютъ плотностью іоновъ. Подставляя вмѣсто ε среднее значеніе, получимъ для одного кубическаго сантиметра воздуха слѣдующее число іоновъ

$$\overset{\pm}{n} = \frac{E_\pm}{3.4 \times 10^{-10} \times 10^6} = \frac{E_\pm \times 10^4}{3.4}$$

Кромѣ прибора Ebert'a имѣются и другіе. Употребляются, напримѣръ, электрометры Wulf'a, Swann'a и др. или приборъ Langevin'a и Moulin'a или самопишущій Nordmann'a.

Время необходимое для каждаго наблюденія приборомъ Ebert'a - болѣе 40 минутъ, поэтому нѣтъ еще достаточно большого числа наблюденій, хотя послѣднія были начаты въ 1905 г. Однако и изъ небольшого матеріала можно вывести опредѣленный годовой ходъ. Для Москвы мы имѣемъ слѣдующіе результаты, къ которымъ для сравненія присоединены $\frac{\partial v}{\partial h}$, q_+ и q_-

	Зима	*Весна*	*Лѣто*	*Осень*	*Годъ*
dv/dh	165	116	73	90	110 *v/m*
E_+	0.18	0.31	0.41	0.36	0.31 E.S.E
E_-	0.19	0.29	0.32	0.34	0.28 E.S.E
q	0.95	1.07	1.28	1.06	1.07
a_-	0.42	0.72	1.00	0.65	0.70 %
a_+	0.47	0.68	0.69	0.57	0.60 %
q	0.89	1.06	1.45	1.14	1.17

Maximum числа положительныхъ іоновъ падаетъ на лѣто, а maximum отрицательныхъ - на осень. Minimum тѣхъ и другихъ іоновъ наблюдается зимою. Сравнивая величины q и q видимъ, что зимой и весной q меньше q ; лѣтомъ и осенью обратно q меньше q. (Замѣтимъ, что величина q , опредѣляемая при помощи прибора Ebert'a болѣе точная, чѣмъ q , получаемая по прибору Elster'a и Geitel'я, такъ какъ первый приборъ даетъ возможность опредѣлить число іоновъ въ опредѣленномъ объемѣ воздуха).

Разсмотримъ опредѣленіе числа іоновъ въ Москвѣ.

Число іоновъ въ 1 куб. сант.	*Зима*	*Весна*	*Лѣто*	*Осень*	*среднее за годъ*
n^+	580	910	1210	1060	940
n^-	560	850	940	1000	880

Округляя числа мы могли-бы сказать, что въ Москвѣ лѣтомъ въ одномъ куб. милл. находится по одному іону каждаго знака.

Время наступленія maximum'a числа іоновъ въ Москвѣ падаетъ на іюнь и сентябрь, а minimum'a - на февраль, что видно изъ слѣдующихъ данныхъ.

	Max.	*Вр. наступл.*	*Min.*	*Вр. наступл.*
E_+	1.29 E.S.E.	Сентябрь	0.08 E.S.E.	Февраль
E_-	1.18 "	Іюнь	0.14 "	"
n^+	8790	Сентябрь	240	"
n^-	8470	Іюнь	427	"

Эти величины, указывающія въ какихъ предѣлахъ измѣняется число іоновъ вмѣстѣ съ тѣмъ, показываютъ, что предѣлъ положительныхъ іоновъ болѣе предѣла іоновъ отрицательныхъ.

Наблюденія проф. Э.Е.Лейста въ Туркестанѣ дали такія величины:

	Max.	*Min.*
E_+	1.97 E.S.E.	0.52 E.S.E.
E_-	1.16 "	0.31 "
n^+	5789	1528
n^-	3897	924

Max.		Min.	
a_- =	138.27% въ 1 минуту.	a_- =	2.74% въ 1 минуту.
a_+ =	113.03 "	a_+ =	1.36 "
q =	2.65	q =	1.16

Сравненіе этихъ величинъ съ московскими показываетъ, что число положительныхъ іоновъ въ Туркестанѣ значительно больше, чѣмъ въ Москвѣ.

Результаты наблюденій въ другихъ мѣстахъ можно представить такой таблицей:

	E	E
Островъ Гельголандъ на берегу	0.13 E.S.E.	0.07 E.S.E.
Внутри острова	0.25 "	0.13 "
Свинемюнде	0.28 "	0.22 "
Потсдамъ	0.37 "	0.30 "
Атлантическій Океанъ	0.39 "	0.27 "
Тихій Океанъ	0.20 "	0.20 "
Карасюкъ	0.38 "	0.33 "
Барцелона	0.30 "	0.28 "
Мюнхенъ	0.53 "	0.42 "
Сентисъ на высотѣ 2700 м. . . .	0.43 "	0.13 "

Изъ этой таблицы видно, что число іоновъ внутри острововъ въ два раза болѣе, чѣмъ вблизи береговъ. На океанахъ іоновъ мало. По времени года наблюденія въ Карасюкѣ располагаются такъ:

	Весна	Лѣто	Осень	Зима
E_+	0.31	0.42	0.46	0.33 E.S.E.
E_-	0.26	0.38	0.40	0.26 "

Мы видимъ, что годовой ходъ, какъ для Карасюка и для Москвы, такъ и вообще для всѣхъ мѣстъ, имѣетъ maximum лѣтомъ или осенью, minimum - зимою или весною. Единственное мѣсто, гдѣ въ годовомъ ходѣ числа іоновъ наблюдается по два maximum'a и minimum'a - Фрейбургъ въ Швейцаріи.

Матеріалъ для выясненія суточнаго хода числа іоновъ еще болѣе скуденъ. Самопишущихъ приборовъ почти нѣтъ въ употребленіи и благодаря этому приходится ограничиваться исключительно непосредственными наблюденіями, которыя въ большинствѣ случа-

евъ производятся лишь днемъ. Для Фрейбурга кривая суточнаго хода числа іоновъ имѣетъ два maximum'а и два minimum'а, а именно:

З И М А

	8^h a.m.	2^h p.m.	7^h p.m.	9^h p.m.
E_+	0.20	0.33	0.19	0.25 E.S.E.
E_-	0.13	0.24	0.17	0.15 "

Л Ѣ Т О

	4^h p.m.	9^h p.m.	10^h p.m.
E_+	0.46	0.33	0.39 E.S.E.
E_-	0.34	0.25	0.36 "

Первый и главный maximum зимою падаетъ на 2^h дня, а minimum - 8^h утра или раньше. Лѣтомъ-же главный maximum наступаетъ въ 4^h дня, а minimum'ы - повидимому вечеромъ и утромъ.

Наблюденій на горахъ и воздушныхъ шарахъ еще меньше. Можно лишь сказать, что съ высотою число іоновъ увеличивается; однако въ облакахъ количество ихъ мало.

Гдѣ находится источникъ іоновъ сказать трудно. Есть указанія на то, что ихъ выдѣляетъ почва: такъ какъ на материкахъ разсѣяніе идетъ значительно быстрѣе, чѣмъ на моряхъ.

Въ Москвѣ проф. А.А.Сперанскій связываетъ число іоновъ съ снѣжнымъ покровомъ. Онъ получилъ для весенняго таянія снѣжнаго покрова слѣдующее:

ВРЕМЯ НАБЛЮДЕНІЯ	a_-	a_+	q
За день недѣли до полнаго таянія снѣга	0.49%	0.49%	1.00
" одну нед. до схода снѣжн. покрова	0.53"	0.53"	1.00
Через. " " послѣ " " "	1.00"	0.93"	1.08
" день " " " "	0.85"	0.74"	1.15

Слѣдовательно, когда снѣгъ стаиваетъ, число іоновъ сразу увеличивается. Этотъ скачекъ отчасти объясняется скопленіемъ іоновъ подъ снѣжнымъ покровомъ. Такое рѣзкое увеличеніе числа іоновъ послѣ таянія снѣжнаго покрова наблюдается въ Фрейбургѣ въ видѣ вторичнаго maximum'а кривой годового хода. Послѣ

рѣзкаго увеличенія число іоновъ постепенно начинаетъ уменьшаться. Въ заключеніе приведемъ наблюденія Gockel'я.

	Январь	Мартъ	Апрѣль	Май
E_+	0.28	0.29	0.20	0.70 E.S.E.
E_-	0.16	0.22	0.18	0.39 "

которыя также указываютъ на повышеніе числа іоновъ въ періодъ таянія снѣга.

Съ выпаденіемъ снѣга число іоновъ замѣтно уменьшается. Это указываетъ на то, что снѣжный покровъ препятствуетъ выдѣленію іоновъ изъ мерзлой почвы.

§ 13. *ПРОВОДИМОСТЬ ВОЗДУХА.* Мы видѣли выше, что при существованіи въ атмосферѣ нѣкоторой разности потенціаловъ $\frac{\partial v}{\partial h}$ и благодаря проводимости воздуха, образуется токъ, сила котораго J опредѣляется формулой

$$J = \lambda \frac{\partial v}{\partial h}$$

гдѣ λ - коэффиц. проводимости. Изъ физики извѣстно, что проводимость можетъ быть или полной или униполярной. Полная проводимость есть сумма двухъ униполярныхъ $\lambda = \lambda_+ + \lambda_-$ и представляется формулой

$$\lambda = [\varepsilon \vec{v}^+ \vec{n}^+ + e \vec{v} \vec{n}]$$

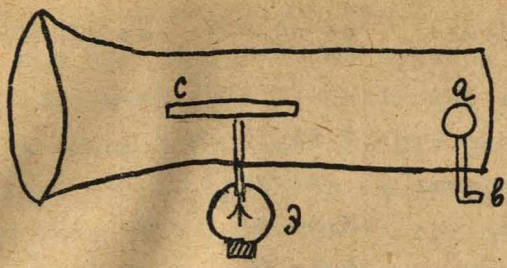
гдѣ ε - зарядъ іона, v - подвижность его и n - число іоновъ. Коэффиціентъ λ, зависящій отъ напряженія поля, вычисляется обычно для напряженія равнаго единицѣ. Для опредѣленія величины проводимости Schering пользовался металлическимъ шаромъ радіуса единицы, который при помощи тонкой проволоки соединялся съ электрометромъ. Обозначая потерю электричества шаромъ въ единицу времени черезъ dQ найдемъ:

$$dQ = -4\pi 1^2 \lambda Q dt$$

Интегрируя, получимъ:

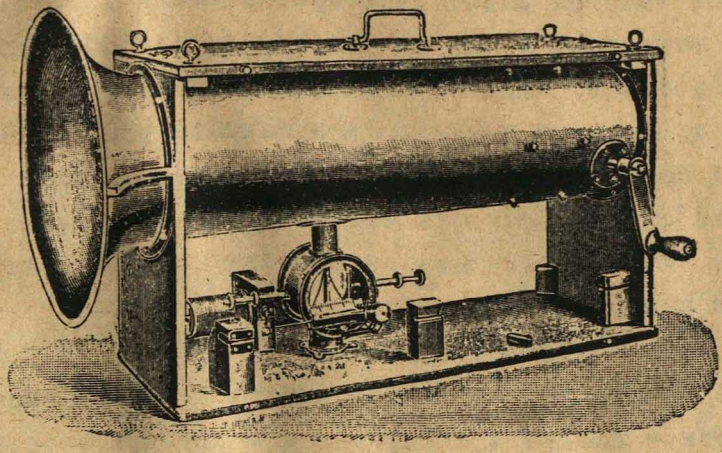
$$\lambda = -\frac{1}{4\pi} \frac{1}{t} \lg_{nat} \frac{Q_0}{Q_t}$$

гдѣ Q_0 - первоначальный зарядъ, а Q_t - зарядъ наблюдаемый по истеченіи времени t Зная эти величины, найдемъ и проводимость воздуха. Способъ Schering'a въ сущности есть примѣненіе способа Etster'a и Geitel'я, но только безъ защитнаго колпака. На практикѣ пользуются приборомъ Gerdien'a (см.



Черт. 16.

черт. 16 и 17) съ аспираторомъ (a), приводимымъ въ движеніе рукояткою $в$. Въ латунномъ цилиндрѣ длиною 56 сант. и діаметромъ 16 сант. Находится стержень (С), поставленный параллельно оси цилиндра. Стержень соединенъ съ электрометромъ Exner'a (Э). Конденсаторъ (С) заряжается до потенціала Q_0, послѣ чего въ теченіе времени t прогоняютъ черезъ



Черт. 17.

приборъ воздухъ и отмѣчаютъ на электрометрѣ отсчетъ Q_t, соотвѣтствующій оставшемуся заряду. Тогда коэффиціентъ проводимости можно представить формулой:

$$\lambda = \frac{1}{4\pi t} \cdot \frac{C_s}{C_1} \log_{hat.} \frac{Q_0}{Q_t}$$

гдѣ C_s - емкость всего прибора, C_1 - емкость конденсатора. Скорость тока пропускаемаго воздуха требуется

$$W \geq \frac{2Vv\lambda}{(R^2-r^2)\log \frac{R}{r}}$$

При измѣреніяхъ обычно бываетъ достаточно дѣлать два оборота рукоятки въ секунду.

Результаты наблюденій надъ проводимостью представлены въ таблицѣ:

Число наблюденій	Наблюдатель	Кѣсто наблюденія	$\delta = \delta_+ + \delta_-$ въ ед. ESE.	δ_+ въ ед. ESE.	δ_- въ ед. ESE.
104	Kohlrausch	На пути отъ Бремена до Спв. Америки.	2.06×10^{-4}		
573	"	Америка	3.66×10^{-4}		
260	Dike	Тихій Океанъ	3.0×10^{-4}	1.6×10^{-4}	1.4×10^{-4}
	Schweidler	Австрія	4.69×10^{-4}	2.37×10^{-4}	2.32×10^{-4}
	Gerdien	На высотѣ 6000 метр.	отъ 13×10^{-4} до 20×10^{-4}	11.24×10^{-4}	9.21×10^{-4}
	Wigand	На выс. 8865м.	37.3×10^{-4}		

Изъ таблицы видно, что проводимость воздуха въ нижнихъ слояхъ атмосферы мала, но уже на высотѣ 6000 метр. она въ 3-4 раза болѣе, чѣмъ на поверхности земли. По наблюденіямъ *Wigand'a, Lutze* и *Bongards'a* на высотѣ 8865 м. проводимость въ 68 разъ больше, чѣмъ на поверхности земли. Такъ какъ въ верхнихъ слояхъ разность потенціаловъ $\frac{dv}{dh}$ уменьшается быстрѣе, чѣмъ увеличивается проводимость, то сила тока въ свободной атмосферѣ остается все-таки малой.

Проводимость атмосферы имѣетъ суточный и годовой ходъ, которые однако не достаточно выяснены. Она зависитъ отъ прозрачности и давленія воздуха и отъ другихъ метеорологическихъ элементовъ. При большой прозрачности и слабомъ барометрическомъ давленіи приводимсть увеличивается. Все то, что увеличиваетъ число іоновъ въ атмосферѣ и ихъ подвижность, повышаетъ и проводимость воздуха.

§ 14. *ПОДВИЖНОСТЬ ІОНОВЪ.* Подвижность іоновъ измѣряется скоростью ихъ въ сантиметрахъ въ секунду въ электрическомъ полѣ равнымъ одному вольту на одинъ сантиметръ, т.е. въ единицахъ: $\frac{\text{сант./секу.}}{\text{Вольтъ/сант.}}$

Измѣряется подвижность двумя способами, предложенными въ 1903 г.: по способу Mache'a и по способу Gerdien'a. Первый способъ состоитъ въ слѣдующемъ. Къ аспираціонному аппарату Ebert'a добавляютъ вспомогательный конденсаторъ съ небольшимъ зарядомъ dv отъ гальваническихъ элементовъ (примѣрно 16 малыхъ элементовъ Meidinger'a) и наблюдаютъ v_2 –

потерю заряда въ единицу времени съ главнаго конденсатора. Затѣмъ, при той-же установкѣ прибора, не сообщая только заряда dv вспомогательному конденсатору и отводя послѣдній къ землѣ, наблюдаютъ въ единицу времени потерю заряда v_1 съ главнаго конденсатора. Удѣльная скорость іоновъ, обозначаемая $\dot{v}$ для положительныхъ іоновъ и $\bar{v}$ для отрицательныхъ, получается по формулѣ

$$v = \frac{\mathcal{M} \lg_{nat.} \frac{R}{r}}{2\pi l \cdot \Delta v}$$

гдѣ

$$\Delta v = dv \frac{v_1}{v_1 - v_2}$$

причемъ $\mathcal{M}$ объемъ воздуха, l; R и r размѣры добавочнаго конденсатора.

Строго говоря получается средняя удѣльная скорость

$$v = \frac{\sum v n \varepsilon}{\sum n \varepsilon}$$

Gerdien видоизмѣнилъ приборъ Ebert'a. Вмѣсто одного электрометра у Gerdien'a два и конденсаторъ состоитъ изъ двухъ частей, изолированныхъ другъ отъ друга и соединенныхъ съ электрометрами. Первому конденсатору сообщаютъ малое напряженіе, а второму - большое. Если C_1 и C_2 емкости конденсаторовъ, v_0 и v_0' ихъ начальныя напряженія, v_1 и v_1' - окончательныя, по истеченію времени t, R и r - радіусы и W - скорость теченія воздуха, тогда имѣемъ:

$$\varepsilon n = \frac{C_1(v_0 - v_1) + C_2(v_0' - v_1')}{\pi(R^2 - r^2) W t}$$

Зная εn и проводимость $\delta = v \varepsilon n$ найдемъ:

$$v = \frac{\delta}{n\varepsilon}$$

Наблюденія по способу Mache'a требуютъ много времени (не менѣе одного часа). Въ это время условія наблюденія въ атмосферѣ могутъ измѣниться. Поэтому окончательные результаты колеблются въ широкихъ предѣлахъ. Проф.Э.Е.Лейстъ въ Туркестанѣ въ 1907 году получилъ слѣдующія величины по способу Mache'a:

$\dot{v}$	0.39	$\frac{cm/sec.}{V./cm.}$
$\bar{v}$	2.11	"

$\overset{+}{v}$ 0.87 $\frac{cm./sec.}{V./cm.}$

$\overset{+}{v}$ 0.94 "

Gerdien наблюдавшій въ Баварскихъ горахъ нашелъ:

$\overset{+}{v}$ = 1.32 - 1.40 $\frac{cm/sec.}{V./cm}$

$\overset{-}{v}$ = 1.52 - 1.75 "

Mache и Schweidler въ Австрійскихъ горахъ получили:

$\overset{+}{v}$ = 0.47 - 1.64 $\frac{cm/sec.}{V./cm.}$

$\overset{-}{v}$ = 0.78 - 1.99 "

Elster и Geitel нашли:

$\overset{+}{v}$ = 0.58 - 1.15 $\frac{cm./sec.}{V./cm.}$

$\overset{-}{v}$ = 0.62 - 1.17 "

Въ общемъ подвижность отрицательныхъ іоновъ больше подвижности положительныхъ.

Проф. Gockel установилъ такую зависимость между подвидностью іоновъ и относительной влажностью.

Относит. влажн.	30-40%	90-100%
$\overset{+}{v}$	1.22 $\frac{cm./sec.}{V./cm}$	0.98 $\frac{cm./sec.}{V./cm}$
$\overset{-}{v}$	1.33 "	1.02 "

Увеличеніе влажности, какъ видно изъ таблицы, уменьшаетъ подвижность іоновъ. Это объясняется осажденіемъ на іонахъ водяныхъ капель. Для полученія конденсаціи на іонахъ воды необходимо большее пересыщеніе.

Наблюденія въ верхнихъ слояхъ атмосферы показываютъ, что подвижность іоновъ значительно увеличивается съ высотою. Замѣтимъ однако, что точность въ опредѣленіи подвижности іоновъ въ верхнихъ слояхъ мала, такъ какъ воздушные шары, на которыхъ производятъ наблюденія, не остаются долгое время на одномъ и томъ-же мѣстѣ. Gerdien при своихъ полетахъ нашелъ:

Высота въ метр.	*Относ. влажн. въ %%*	$\overset{+}{v}$ *въ* $\frac{cm/sec.}{V/cm.}$	$\overset{-}{v}$ *въ* $\frac{cm/s.}{V/cm.}$
1600	*76*	*1.25*	*1.03*
2100	*55*	*1.70*	*2.12*
3600	*20*	*2.71*	*2.86*
4000	*90*	*3.23*	*3.47*

Изъ этого можно заключить, что подвижность іоновъ увеличивается съ уменьшеніемъ давленія.

Есть особый родъ іоновъ, такъ называемые іоны Langevin'a, обладающіе малой скоростью и большой массой, названные такъ по имени Langevin, изслѣдовавшаго подвижность ихъ, которая оказалась въ среднемъ равной 0.0005 $\frac{cm/sec.}{volt/cm}$. Эта подвижность почти въ 3000 разъ меньше подвижности обыкновенныхъ іоновъ. Число ихъ на башнѣ Эйфеля оказалось весьма значительнымъ, что дало поводъ Ebert'у заключить, что Langevin'овскіе іоны представляютъ продуктъ большихъ городовъ.

Чтобы судить о томъ, насколько согласуется подвижность іоновъ въ свободной атмосферѣ съ подвижностью ихъ въ различныхъ газахъ, разсмотримъ слѣдующіе результаты лабораторныхъ опытовъ при комнатной температурѣ и давленіи около 760 милл.

	$\dot{v}$	$\bar{v}$
Сухой лабораторный воздухъ	1.36	1.87
Лабораторн. возд. вмѣстѣ съ водян. парами	1.37	1.51
Сухой кислородъ	1.36	1.80
Кислородъ вмѣстѣ съ водян. парами . . .	1.29.	1.52
Сухая угольная кислота	0.76	0.81
Угольная кисл. вмѣстѣ съ вод. парами . .	0.82	0.75
Водяные пары	0.77	0.73
Сухой водородъ	6.70	7.95
Водородъ вмѣстѣ съ водян. парами	5.30	5.60

$\frac{cm/sec.}{V./cm.}$

Различіе въ подвижности іоновъ въ атмосферномъ воздухѣ и въ воздухѣ лабораторномъ указываетъ на то, что послѣдній имѣетъ иной составъ, чѣмъ воздухъ въ природѣ. Вѣроятно, на лабораторный воздухъ вліяютъ различныя, находящіяся обычно въ лабораторіи, радіоактивныя вещества. Подвижность іоновъ въ кислородѣ близка къ подвижности іоновъ въ атмосферномъ воздухѣ. Угольная кислота даетъ малую подвижность іоновъ. Водяные пары и угольная кислота, находящіеся въ воздухѣ, могутъ значительно уменьшать подвижность іоновъ. Послѣдняя особенно велика въ водородѣ: въ четыре-пять разъ больше подвижности іоновъ, находящихся въ нижнихъ слояхъ атмосферы.

Если имѣть въ виду, что въ верхнихъ слояхъ атмосферы преобладаетъ водородъ, какъ наиболѣе легкій газъ и что баро-

метрическое давленіе значительно ниже, чѣмъ на поверхности земли, а подвижность іоновъ обратно-пропорціональна давленію (по крайней мѣрѣ до давленія 10 mm.), то можно ожидать для подвижности іоновъ въ верхнихъ слояхъ большихъ величинъ. Слѣдовательно, въ верхнихъ слояхъ для атмосфернаго электричества существуютъ иныя условія, чѣмъ на поверхности земли, а какого рода электрическія явленія въ этихъ слояхъ, на это указываютъ полярныя сіянія.

§ 15. *ИСТОЧНИКЪ ІОНИЗАЦІИ АТМОСФЕРЫ: ЭМАНАЦІЯ.* Для рѣшенія вопроса объ источникѣ іоновъ Elster и Geitel произвели слѣдующіе опыты. Подъ изолированный стеклянный колпакъ помѣщался приборъ для изученія разсѣянія, который мы разсмотрѣли выше. Сверху опускался металлическій шарикъ, помощью котораго разсѣивающему цилиндру сообщался зарядъ. Наблюдая разсѣяніе въ такомъ небольшомъ объемѣ воздуха (колпакъ имѣлъ высоту 45 сант. и 30 сант. въ поперечникѣ), Elster и Geitel для коэффиціента разсѣянія α нашли:

Въ первый день наблюденія	$\alpha = 0.4\%$
На второй " "	1.0"
" *третій* " "	1.2"
" *четвертый* "	1.4"
Черезъ нѣсколько дней "	2.0"

Отсюда видно, что хотя условія разсѣянія и остаются безъ измѣненія, тѣмъ не менѣе коэфф. разсѣянія съ теченіемъ времени увеличивается. Ранѣе Elster'емъ и Geitel'емъ было доказано возрастаніе коэфф. разсѣянія α съ увеличеніемъ прозрачности атмосферы, поэтому можно было приписать возрастаніе α въ замкнутой массѣ воздуха выпаденію изъ него пылинокъ и водяныхъ паровъ. Однако послѣдующія наблюденія Elster'а и Geitel'я показали, что если, при опытахъ пользоваться воздухомъ пропущеннымъ черезъ сѣрную кислоту и профильтрованнымъ черезъ вату, т.е. лишеннымъ влаги и пыли, результаты остаются прежними. Чтобы выяснить этотъ вопросъ они перенесли свои наблюденія въ пещеру около Вольфенбюттеля и здѣсь нашли:

около входа въ	$\alpha = 1.1\%$
внутри пещеры	11.6

т.е. проводимость воздуха внутри пещеры болѣе чѣмъ въ десять разъ превышаетъ его въ свободной атмосферѣ, гдѣ между отдѣльными слоями его существуетъ постоянный обмѣнъ. Подобные результаты были получены и проф.Э.Е.Лейстомъ въ пещерѣ Бинъ-башъ-хода на Чатырдагѣ:

въ первую минуту разсѣянія	$q_+ = 57.2\%$	$q_- = 54.7\%$	$q = 0.96$
во вторую " "	67.5"	69.5"	1.03

Проф. Rizzo въ гротѣ *Du* Босса въ Италіи наблюдалъ:

$$q_+ = 63.9\%$$
$$q_- = 70.3"$$

Во всѣхъ этихъ случаяхъ наблюдать приходиться въ теченіе только нѣсколькихъ десятковъ секундъ, такъ какъ разсѣяніе происходитъ настолько быстро, что уже черезъ минуту теряется весь зарядъ. Правда въ нѣкоторыхъ пещерахъ наблюдалась меньшая проводимость по сравненію съ проводимостью въ свободной атмосферѣ, но въ нихъ обычно велика относительная влажность; поэтому уменьшеніе подвижности іоновъ объясняется осажденіемъ на нихъ водяныхъ паровъ.

Наблюденія въ погребахъ также указываютъ на большую проводимость воздуха, находящагося въ нихъ. Слѣдовательно, можно считать установленнымъ, что въ закрытыхъ помѣщеніяхъ, гдѣ нѣтъ обмѣна воздуха, число іоновъ велико.

Это увеличеніе числа іоновъ можно объяснить тѣмъ, что самъ воздухъ или стѣны помѣщенія или, наконецъ, почва являются іонизаторами.

Для нахожденія іонизатора Elster и Geitel продѣлали такой опытъ. Найдя въ Вольфенбюттелѣ пустой паровой котелъ, они закрыли его на нѣсколько недѣль, установивъ въ немъ изолированную проволоку, которой сообщали отрицательный зарядъ равный 2000 *V*. Количество іоновъ до опыта и послѣ него оказалось неизмѣннымъ. Такимъ образомъ два первыхъ предположенія, что воздухъ или стѣны являются іонизаторами, отпадаютъ и остается возможное допущеніе, что источникомъ іоновъ служитъ почвенныхъ воздухъ. Для изученія послѣдняго Elster и Geitel просверлили въ почвѣ отверстіе длиною въ 1.4 метра и въ поперечникѣ 0.2 метр., въ которое вставлялась стеклянная труба, со-

единенная резиновой трубкой съ колпакомъ описаннаго выше прибора. Въ началѣ опыта воздухъ подъ колпакомъ разсѣивалъ 12 *V.* въ 15 минутъ, послѣ пропусканія 11% почвеннаго воздуха цилиндръ прибора терялъ 22 *V.* за то-же время. Изслѣдуя проводимость исключительно почвеннаго воздуха, Elster и Geitel нашли, что онъ разсѣиваетъ 66 *V* заряда цилиндра *). Опредѣляя затѣмъ черезъ нѣсколько времени разсѣяніе чистаго воздуха тѣмъ-же приборомъ, они получили 19 *V.* Такимъ образомъ, выходитъ, что число іоновъ почвеннаго воздуха значительно больше числа іоновъ свободной атмосферы. И тотъ фактъ, что maximum разсѣянія наступаетъ не въ моментъ впусканія почвеннаго воздуха, а черезъ нѣкоторое время и что проводимость атмосфернаго воздуха увеличивается при изслѣдованіи его приборомъ, которымъ уже изслѣдовался почвенный воздухъ, указываетъ на присутствіе въ послѣднемъ какого-то особаго газа, такъ называемой *эманаціи*, которая развиваетъ іоны.

Многіе ученые старались или уничтожить вліяніе этой эманаціи или выдѣлить ее изъ почвеннаго воздуха, для чего послѣдній пропускали черезъ сѣрную кислоту, вату, черезъ электрическое поле въ 1000 *V.* напряженія; пытались почвенный воздухъ накаливать до температуры краснаго каленія, но все эти попытки оказались напрасными. Лишь Ebert'у удалось при испареніи жидкаго почвеннаго воздуха (темпер. —200°) выдѣлить особый осадокъ синяго цвѣта, въ которомъ оказалось большое количество эманаціи. Elster и Geitel для полученія эманаціи непосредственно изъ воздуха сообщали въ теченіе нѣсколькихъ часовъ изолированной металлической проволокѣ, длиною въ 30 метровъ, постоянный отрицательный зарядъ 2000-3000 *V.* (или, какъ говорятъ „экспонировали" ее). На проволокѣ осаждалась эманація, іонизировавшая воздухъ. Натерая проволоку кожей, пропитанной соляной кислотою или нашатырнымъ спиртомъ, удавалось снять съ нея эманацію. Послѣ этого можно было обнаружить дѣйствіе кожи на фотографическую пластинку. Свойства этой кожи не терялись и при высокой температурѣ и при растворе-ніи ея въ кислотахъ. Проволоку возможно замѣнить бечевкой и даже растеніемъ; эффектъ получится тотъ-же. Для наблюденія іониза-

---

*) *Для характеристики качественной стороны опыта совершенно неважно знать величину заряда разсѣивающаго цилиндра.*

піи воздуха, вызванной осажденіемъ на проволокѣ эманаціи, можно пользоваться приборомъ Elster'a и Geitel'я, подъ защитный цилиндръ котораго помѣщается послѣ указанной двухъ часовой „экспозиціи" проволока, навернутая на сѣтку.

Проф. Э.Е.Лейстомъ - въ Ялтѣ наблюдалась потеря электричества цилиндромъ 18.7% въ одну минуту въ присутствіи проволоки, которой при „экспозиціи" сообщался зарядъ 1500-3500 V, тогда какъ безъ проволоки потеря заряда равнялась 1.0%. Болѣе сильная іонизація была найдена проф.Лейстомъ на Ай-Петри - 26.3%, въ пещерѣ Бинъ-башъ-хоба - 28-5% и на вершинѣ Чатырдага - 32.2%.

Въ Московскомъ Физико-Географическомъ Институтѣ подобный опытъ былъ продѣланъ въ аудиторіи, гдѣ во время лекціи въ продолженіи 3¹/₄ часовъ пробыли 98 человѣкъ. Черезъ всю аудиторію была протянута проволока, которой сообщался большой отрицательный зарядъ. До лекціи нашли:

$$\alpha_+ = 23.3\% \quad и \quad \alpha_- = 17.2\%.$$

Черезъ 3¹/₄ часа, безъ перерыва лекціи и безъ вентиляціи помѣщенія, оказалось:

$$\alpha_+ = 6.8\% \quad и \quad \alpha_- = 5.1\%$$

Одновременно опредѣлялось и количество свободныхъ іоновъ, оказалось:

до лекціи,	въ 1 куб.сант.	полож.	іоновъ	97
"	"	"	"	отриц.	"	117
послѣ	"	"		полож.	"	33
"	"	"	"	отриц.	"	50

Выходитъ, что на процессъ дыханія 98 человѣкъ было израсходовано изъ каждаго кубическаго сантиметра воздуха 64 положительныхъ іона и 67 отрицательныхъ. Подобные-же опыты были повторены и въ Германіи. Всѣ они подтверждаютъ тотъ выводъ, что животные организмы уменьшаютъ число іоновъ.

Наблюденія надъ эманаціей указываютъ на то, что наибольшее количество ея наблюдается на глубинѣ менѣе 2 метровъ и что вообще говоря ею обладаетъ на всякій почвенный воздухъ. Количество эманаціи, находящейся въ воздухѣ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, измѣняется въ значительныхъ предѣлахъ. Примемъ за единицу эманаціи, то количество ея, которое пони-

жаетъ потенціалъ разсѣивающаго цилиндра въ 1 часъ на 1 вольтъ, если по экспонируемой проволокѣ пропускать отрицательный зарядъ въ 3000 V. Наблюденія въ различныхъ мѣстахъ указываютъ на слѣдующее количество эманаціи:

Тихій Океанъ	*0.9 – 4.5*	*ед. эман.*
Остр. Юстъ на Балт. морѣ . . .	*7*	*" "*
Галле	*14*	*" "*
Вольфенбюттель	*19*	*" "*
Свинемюнде	*36*	*" "*
Остр. Пальма (Малорка)	*38*	*" "*
Гаммерфестъ	*58*	*" "*
Фрейбургъ	*84*	*" "*
Аргау (Швейцарія)	*91*	*" "*
Карасюкъ	*93*	*" "*
Кохель (Бавар ія)	*137*	*" "*

Отсюда видно, что на морѣ количество эманаціи мало. Такъ на Тихомъ Океанѣ въ теченіе часа зарядъ теряетъ 0.9 вольта. Это объясняется тѣмъ, что океаны задерживаютъ выходъ эманаціи изъ почвы на поверхность воды.

Разнообразіе приведенныхъ цифръ даетъ возможность заключить, что въ континентальныхъ странахъ и особенно въ горныхъ, получаются большія величины.

Старались наблюдать зависимость количества эманаціи отъ погоды и времени года, но установить суточнаго и годового хода ея не удалось. Замѣчено лишь то, что количество эманаціи увеличивается при малой облачности и сильныхъ вѣтрахъ, что объясняется нагрѣваніемъ почвы и высасывающимъ дѣйствіемъ вѣтровъ. Направленіе вѣтра также оказываетъ вліяніе на содержаніе эманаціи въ воздухѣ. Морскіе вѣтры бѣдны эманаціей; вѣтры материковъ богаты ею.

Если, способомъ уже описаннымъ, на проволокѣ получить эманацію и помѣстить эту проволоку въ сѣтку подъ колпакъ прибора Elster a и Geitel'я, то оказывается, что зарядъ разсѣивающаго цилиндра уменьшается до половины въ промежутокъ времени, равный приблизительно 50 минутамъ. Полупериодъ радіоактивной эманаціи почвы зависитъ отъ ея состава.

Посмотримъ теперь что-же извѣстно намъ относительно *свойствъ эманаціи*. Эманація почвы инертный благородный газъ изъ группы аргона. Соединеній ея неизвѣстно. Эманація дѣйствуетъ при контактѣ, который можетъ-быть крайне разнообразнымъ. Доходя до ближайшихъ твердыхъ поверхностей, эманація осаждается на нихъ. Осажденіе ея происходитъ и на частицахъ пыли при помощи которыхъ она распространяется въ атмосферѣ. Осаждаясь на уголь, пемзу, губку, она проникаетъ внутрь по капиллярнымъ ходамъ.

Эманація распространяется дифузіей, коэффиціентъ которой равенъ 0.1. Удѣльный вѣсъ ея сравнительно великъ (80 относительно водорода); вслѣдствіе чего она осаждается больше въ нижнихъ слояхъ атмосферы, чѣмъ въ верхнихъ.

Эманація сильно поглощается нѣкоторыми жидкостями, при этомъ поглощательная способность повышается съ пониженіемъ температуры. Напримѣръ, толуолъ при -29° поглощаетъ въ 11 разъ болѣе эманаціи, чѣмъ при комнатной температурѣ. Если за единицу принять количество эманаціи, находящееся въ литрѣ воздуха, то въ томъ-же количествѣ при температурѣ 20°

толуолъ содержитъ	*11.75*	*един. эманацій*	
керосинъ	"	*9.55*	" "
алкоголь	"	*5.6*	" "
вода	"	*0.30*	" "
морская вода (уд. в. 1,028)		*0.17*	" "

§ 16. *РАДІОАКТИВНОСТЬ АТМОСФЕРЫ.* P.Curie и др. показали, что потеря даннаго радіоактивнаго элемента пропорціональна первоначальному количеству его J_0 и элементу времени dt т.е.

$$dJ = -J_0 \lambda dt$$

гдѣ λ - коэффиціентъ данной варіаціи радія. Интегрируя это выраженіе найдемъ, что количество радіоактивнаго вещества по истеченіи времени t представится формулой:

$$J_t = J_0 e^{-\lambda t} \qquad (1)$$

Время T необходимое для уменьшенія первоначальнаго количества J_0 до половины, т.е. такъ называемый полупериодъ, опредѣлится изъ уравненія

$$\frac{1}{2} J_0 = J_0 e^{-\lambda T} \quad \text{или} \quad e^{\lambda T} = 2$$

Отсюда

$$\lambda T \lg e = \lg 2 \; ; \quad T = \frac{0.69}{\lambda}$$

Полпериоды радія, торія и актинія неодинаковы и если они и ихъ продукты распада находятся въ воздухѣ, тогда имѣемъ вмѣсто формулы (1) сумму:

$$J_1 e^{-\lambda_1 t} + J_2 e^{-\lambda_2 t} + J_3 e^{-\lambda_3 t} + \ldots + \ldots$$

Слѣдующая таблица (по Curie) представляетъ полпериоды различныхъ радіоактивныхъ элементовъ и родъ испускаемыхъ лучей:

	T	Категорія испуск. лучей
Эманація радія	3.85 дней	α
Ra. A	3.0 минутъ	α
Ra. B	26.7 "	β
Ra. C	19.5 "	α, β, γ
Ra. D	15 лѣтъ (21 годъ)	β
Ra. E_1	6 дней	неизвѣстны
Ra. E_2	4.8 "	β
Полоній Ra. F	140 "	α
Торій X	3.6 "	α, β
Эманація торія	53 секунд.	α
Th. A	10.6 часовъ	β
Th. B	55 минутъ	α
Th. C	нѣсколько секундъ	α
Th. D	3.1 минутъ	β, γ
Эманація актинія	3.9 секундъ	α
Ac. A	36.1 минутъ	β
Ac. B	2.1 "	α
Ac. C	5.1 "	β, γ

Наблюдая радіоактивность наведенную на проволокахъ, мы найдемъ полпериодъ около 45-50 минутъ, а такого полпериода, какъ видно изъ таблицы не имѣетъ ни одинъ продуктъ распада радія, торія и актинія.

На проволокѣ могутъ осаждаться разнообразные продукты радіоактивныхъ элементовъ. Если такъ то по прошествіи первыхъ четырехъ секундъ должна исчезнуть половина количества эманаціи актинія; черезъ 53 секунды уходитъ и половина количества

эманаціи торія. Послѣ ихъ распада мы наблюдаемъ эманацію радія, полпеpіодъ которой равенъ 3.85 днямъ. Ra A можно найти, если успѣемъ пронаблюдать въ теченіе первыхъ минутъ, такъ какъ его полпеpіодъ равенъ только тремъ минутамъ. Ra A превращается въ болѣе долговѣчный Ra B, а тотъ въ свою очередь въ Ra C. Если мы наблюдаемъ весь процессъ распада отъ Ra A до Ra C включительно, то сумма ихъ полпеpіодовъ, равная приблизительно 49 минутамъ, близко подходитъ къ полпеpіоду наведенной радіоактивности на проволокѣ. Полпеpіоды для Ac A и Th B тоже близки къ полпеpіоду 49 минутъ; поэтому въ теченіе 45-50 минутъ можно наблюдать и эти продукты распада. Конечно, осажденіе и преобразованіе происходитъ безпрерывно и мы всегда имѣемъ одновременно всѣ продукты распада радіоактивныхъ элементовъ.

Вставляя іонизированную проволоку въ приборъ Elster'a и Geitel'я, можно найти кривую разсѣянія электричества разсѣивающимъ пилиндромъ, состоящую изъ ряда отдѣльныхъ отрѣзковъ. Изъ сравненія отрѣзковъ, входящихъ въ эту кривую, можно притти къ заключенію о количествѣ продуктовъ распада радія, торія и актинія.

Неправильность кривой обусловливается отчасти и влажностью, дѣйствіе которой сводится 1) къ поглощенію эманаціи и 2) къ притяженію ея водяными парами.

Радіоактивность даетъ болѣе точный анализъ, чѣмъ спектроскопъ. Присутствіе эманаціи можно обнаружить электрическими измѣреніями, когда она находится въ объемѣ 2×10^{-10} куб. миллим. или въ количествѣ 10^{-12} миллигр.

§ 17. *РАДІОАКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ.* Источникомъ эманаціи и всѣхъ радіоактивныхъ обращеній является почва, которая даетъ радіоактивные лучи, іонизирующіе воздухъ. Наиболѣе іонизирующими лучами являются лучи α, проникающіе въ атмосферу только на 3-7 сантиметра и расщепляющіе при этомъ до 80000 паръ іоновъ.

Изслѣдованія почвы въ разныхъ мѣстахъ дали слѣдующіе результаты, причемъ единицею служила потеря заряда разсѣивающимъ пилиндромъ прибора Elster'a и Geitel'я въ одинъ вольтъ въ теченіе часа, при присутствіи въ колпакѣ 125 граммъ изслѣдуемаго вещества.

Глинистый сланецъ въ Германіи	0
Гумусъ въ Вольфенбюттель	6.8–10.4
Гумусъ въ Баденъ-Баденъ	1.2–3.6
Лессъ въ пещерѣ въ Брауншвейгѣ	3.6
Глина отъ гранита	11.9
Глина отъ базальта	8.5

ВУЛКАНИЧЕСКІЯ ПОРОДЫ.

Около Этны. Круглые шарики	1.1
Продукты выѣтрив. изверж.	3.9
Илъ	2.0
На остр. Искія. Илъ изъ грязев. вулкана . .	11.4
На остр. Капри. Поверхностный слой	26.8
Продукты выѣтр. вулк. породъ . . .	51.7
Илъ изъ пещеры	101.8

Отсюда видно, что вулканическія породы радіоактивнѣе осадочныхъ. Особенно велика радіоактивность почвы на остр. Капри. Чѣмъ и можно объяснить наблюдаемое тамъ значительное отклоненіе элементовъ атмосфернаго электричества (разности потенціаловъ, разсѣянія и количества іоновъ) отъ нормальныхъ. Сама почва тамъ богата эманаціей; что объясняется мѣстоположеніемъ остр. Капри, который является центромъ цѣлой вулканической области. Мѣста-же съ большимъ числомъ вулкановъ, потухшихъ или дѣйствующихъ безразлично, обладаютъ большой радіоактивностью почвы.

Что-же касается количественнаго содержанія различныхъ радіоактивныхъ веществъ въ разныхъ породахъ, то изъ многочисленныхъ изслѣдованій слѣдуетъ:

Максимальное содержаніе радія въ граммахъ въ одномъ граммѣ вещества.

Кристаллическія породы.	Гранитъ въ Родезіи	4.78×10^{-12}
	„ „ Корнвалліи	4.65×10^{-12}
	Цирконъ-сіенитъ въ Норвег.	4.65×10^{-12}
	Разные базальты	0.63×10^{-12}
	Базальтъ въ Гренландіи	0.30×10^{-12}

Минимальное содержаніе въ тѣхъ-же породахъ:

Гранитъ въ Родезіи	1.84×10^{-12}
" " *Конреаллъ*	1.22×10^{-12}

Осадочныя породы менѣе богаты радіоактивными веществами, какъ видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

Мраморъ (въ Восточномъ Лотіанѣ)	1.93×10^{-12}
" *(въ Индіи)*	0.27×10^{-12}
Мѣлъ съ поверхности (въ Кембриджѣ)	0.12×10^{-12}
" " *глубок. слоевъ* "	0.39×10^{-12}

§ 18. *РАДІОАКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХЪ ВОДЪ.* Твердые породы, растворяясь въ подпочвенной водѣ, образуютъ минеральныя воды. Радіоактивность ихъ опредѣляется или непосредственно или путемъ изслѣдованія газовъ, выдѣляющихся изъ минеральныхъ источниковъ.

Изъ грязевыхъ мѣстъ особенно извѣстно Fango въ Сѣверной Италіи, которое ранѣе считалось наиболѣе радіоактивнымъ и поэтому радіоактивность отложенія горячаго источника Fango приняли за единицу. Въ настоящее время извѣстно, что каждый минеральный источникъ обладаетъ извѣстной радіоактивностью. Количество изслѣдованныхъ источниковъ теперь очень велико. Въ одной лишь Австріи изслѣдовано Mache'омъ 114 минеральныхъ источниковъ. Самымъ радіоактивнымъ изъ нихъ является Гастейнъ, одна изъ минеральныхъ водъ которапо содержитъ 155 единицъ радія и имѣетъ температуру 36°.3; другая-же, имѣющая температуру 45°.7, содержитъ 3·7 единицъ радія. Въ Карлсбадѣ самый сильный источникъ содержитъ 38.4 ед.радія и имѣетъ температуру 8°.4, а самый слабый, содержащій 0.1 ед. радія, даетъ температуру 71°.3.

Выходитъ, что болѣе теплые источники, менѣе радіоактивны; это объясняется вѣроятно тѣмъ, что наиболѣе теплые источники поднимаются съ глубокихъ слоевъ, которые поглощая радіоактивность, уменьшаютъ ее. Особенно высокой радіоактивностью обладаетъ источникъ въ Іоахимсталѣ въ Австріи, содержащій 185 ед. радія и имѣющій температуру 14°.2.

Кромѣ минеральныхъ водъ изслѣдуются и сопровождающіе ихъ газы. Радіоактивность ихъ такова:

Въ Гастейнѣ	564 - 412 единицъ
" Карлсбадѣ	94 - 1 "

Полпериодъ ихъ оказывается равнымъ

въ Гастейнѣ	3.85 дней
" Карлсбадѣ	3.95 "
" Мариенбадѣ	3.82 "
" Баденѣ	3.86 "
" Веслау	4.02 "
" Фишау	3.82 "

Всѣ эти величины одного и того-же порядка; средняя изъ нихъ 3.89 дней. Эманація радія имѣетъ полпериодъ 3.85 дней, поэтому вполнѣ вѣроятно, что эти газы состоятъ изъ эманаціи радія.

Въ Россіи минеральныя воды изслѣдовалъ Титовъ. Нарзанъ изслѣдовался проф. Соколовымъ.

Въ Женевѣ проф. Заразинъ изслѣдовалъ воду колодцевъ и газы ихъ. Онъ нашелъ въ колодцѣ 62.2 вольтъ въ минуту, въ то время, какъ атмосферный воздухъ давалъ 4.9; причемъ проф. Заразинъ обнаружилъ зависимость радіоактивности этого воздуха отъ давленія атмосферы, съ повышеніемъ котораго уменьшается величина радіоактивности.

§ 19. *РАДІОАКТИВНОСТЬ МОРСКОЙ ВОДЫ.* Морская вода содержитъ малое количество радія. Eve нашелъ въ одномъ граммѣ воды Атлантическаго Океана 5.10^{-16} гр. радія. Почва и горные породы содержатъ отъ 500 до 2000 разъ большее количество его. Другіе изслѣдователи въ одномъ граммѣ морской воды нашли:

Strutt	. . . . .	20×10^{-16} гр. радія
Joly	для Атлант. Ок.	170×10^{-16} " "
	" Аравскаго Моря	280×10^{-16} " "

Изслѣдованіе осадковъ морского дна, состоящихъ преимущественно изъ красной глины, указало на существованіе отъ 7 до 53×10^{-12} граммъ радія въ одномъ граммѣ осадковъ. Большая радіоактивность морского дна объясняется вѣроятно осажденіемъ на дно растворенныхъ рѣками минераловъ. Радіоактивность морской воды возможно объяснить выдѣленіемъ Эманаціи изъ морского дна, если только послѣднее выдѣляетъ ее. Вопросъ этотъ еще не выясненъ.

Въ общемъ можно сказать, что поверхность суши радіоактивнѣе поверхности океановъ.

§ 20. *ПРОНИКАЮЩАЯ РАДІАЦІЯ.* Познакомимся съ сильно проникающими лучами, такъ называемой проникающей радіаціей, которая была открыта восемь лѣтъ тому назадъ и происхожденіе которой остается и до настоящаго времени очень загадочнымъ.

Проникающая радіація изслѣдуется при помощи приборовъ Wilson'a и Wulf'a, представляющихъ собою герметически закрытые сосуды, къ верхней и нижней стѣнкамъ которыхъ прикрѣплены при помощи янтарныхъ подвѣсокъ двѣ кварцевыя нити, покрытыя платиною или серебромъ. Сверху вставленъ проводникъ съ рычагомъ и магнитомъ, при помощи которыхъ можно нитямъ сообщить опредѣленный зарядъ. Если бы помѣстить въ этотъ сосудъ нѣкоторую массу воздуха, не имѣющаго напримѣръ ни одного іона, то тѣмъ не менѣе этотъ воздухъ все-таки разсѣявалъ-бы электричество. Повидимому это разсѣяніе обусловливается γ - лучами, обладающими большой проникающей силой. Воздухъ, который пускался въ сосудъ, эманаціи не содержалъ поэтому предполагать, что разсѣяніе обусловливается присутствіемъ радіактивныхъ веществъ нѣтъ основаній. Защищая приборъ отъ всѣхъ источниковъ радіаціи толстыми свинцовыми пластинками разсѣяніе можно уменьшить на 30%. Разсѣяніе замкнутаго воздуха старались объяснить радіоактивностью стѣнокъ прибора, которыя образуютъ новые лучи. Полагали, напримѣръ, что проникаютъ γ - лучи, которые образуютъ вторичные β - лучи; однако это мало вѣроятно. Также нельзя объяснить разсѣяніе плохой изоляціей; такъ какъ при этомъ потеря заряда Q могла-бы быть представлена формулой:

$$Q = A + BV$$

гдѣ V - объемъ воздуха, B - коэфф. пропорціон., A - коэфф. зависящій отъ изоляціи. Съ другой стороны, уменьшая объемъ, что достигается опусканіемъ сверху, внутри прибора, особой трубы, закрывающей нити, можно уменьшить потерю заряда q, которая выразится уравненіемъ:

$$q = A + Bv$$

гдѣ v - новый объемъ воздуха.

Изъ двухъ написанныхъ уравненій можно найти значенія A и B. Приборы служащіе въ настоящее время для наблюденій

имѣютъ $V = 2700\ cm^3$ и $v = 30\ cm^3$ и коэффиціентъ A обычно близокъ къ нулю. Слѣдовательно, несовершенство изоляціи не оказываетъ вліяніе на разсѣяніе. Наблюденія Mc. Lennan'a на озерѣ Октаріо показали, что разсѣяніе уменьшается въ водѣ съ глубиною. Онъ наблюдалъ количество іоновъ внутри прибора, образующихся въ одномъ кубич.сант. воздуха въ одну секунду отъ непосредственнаго дѣйствія 30 mmg. радія. Онъ нашелъ

на поверхности льда	4485	іона
" глубинѣ 0.5 метра	447	"
" " 1 "	16	"
" " 2 "	0.7	"
" " 3.6 "	0.6	"

На имѣя другихъ объясненій, приходится допустить, что потеря заряда обусловливается дѣйствіемъ какой то „проникающей радіаціи."

Эта проникающая радіація по изслѣдованіямъ Wulf'a имѣетъ суточный ходъ. Maximum ея напряженія наблюдается около $8^h - 9^h$ a.m. и 9^h p.m. ($31.5\,i$ $cm^3/sec.$), a minimum - около $3^h - 4^h$ p.m. и 8^h a.m. ($27.0\,i$ $cm^3/sec.$). Если сообщить зарядъ квадровымъ нитямъ прибора Wulf'a, то въ теченіе 1^h во время maximum'a разсѣивается 19.5 V., а во время minimum'a - 17.0 V. Разность между крайними значеніями достигаетъ 2.5 V. Для перевода часовой потери заряда на число іоновъ, образующихся въ секунду въ одномъ куб. сант., нужно потерю заряда умножить на факторъ 1.6. Мы найдемъ такимъ образомъ вышеуказанныя величины:

при maximum'ѣ напряженія	число	іоновъ	равно	31.5
" minimum'	"	"	"	27.0

Хотя мы не знаемъ какимъ образомъ происходитъ процессъ образованія іоновъ, но мы можемъ сказать, что этотъ процессъ идетъ безпрерывно.

Связь проникающей радіаціи съ молніей видна изъ слѣдующей таблицы:

		h	m			Volt/1h.
начало грозы		2	59	потеря	153	
во время	"	3	03	"	133	"
	"	3	05	"	121	"
	"	3	25	"	112	"
конецъ	"	3	51	-	96	"

До грозы потеря заряда на 60% болѣе, чѣмъ послѣ грозы. Грозовое состояніе атмосферы богато этой радіоактивностью. Такой большой разности въ суточномъ ходѣ нѣтъ.

Наблюденія Hess'a указываетъ на увеличеніе проникающей радіаціи съ высотою

Высота	Число іоновъ въ 1 cm³ / 1 Sec. полученное первымъ приборомъ.	вторымъ приборомъ.
0 - 200 м.	11.8	16.0
500 - 1000 "	10.8	15.6
1000 - 3000 "	12.7	16.6
3000 - 4000 "	16.5	19.8
4000 - 5000 "	27.2	34.4

Эти числа допускаютъ заключеніе, что проникающая радіація уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ самой поверхности земли до нѣкотораго разстоянія, около 200 метровъ, а съ этой высоты начинается увеличеніе ея. Оба инструмента Hess'a давали различныя показанія, но результаты измѣненія количества эманаціи съ высотою получаются одинаковы - сперва уменьшеніе, а потомъ увеличеніе. Источники проникающей радіаціи и самое явленіе далеко еще не выяснены. Можно думать что эта радіація обязана своимъ происхожденіемъ дѣйствію радіоактивныхъ веществъ, плавающихъ въ атмосферѣ и находящихся на поверхности земли.

§ 21. *КРУГООБОРОТЪ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА и ІОНИЗАТОРЫ ВЪ АТМОСФЕРѢ.* Кромѣ почвеннаго воздуха, дѣйствіе котораго мы разсмотрѣли выше, іонизаторами являются свѣтовые лучи и въ частности лучи ультрафіолетовые. Hallwachs показалъ, что предметъ наэлектризованный отрицательно теряетъ свой зарядъ подъ дѣйствіемъ свѣтовыхъ лучей; Righi же говоритъ, что свѣтъ, разсѣивая отрицательное электричество тѣлъ, переводитъ ихъ зарядъ въ положительный. Подобное дѣйствіе лучей можно ожидать на той высотѣ, гдѣ особенно сильно дѣйствіе свѣта и мало его поглощеніе воздухомъ. По мнѣнію Righi и Brillouin'a перистыя облака несутъ положительный зарядъ электричества, потому что отрицательное электричество разсѣивается лучами солнца. Подобнымъ образомъ дѣйствуютъ и ультрафіолетовые лучи. Раз-

---

сматривая коллекторы, мы уже отмѣтили явленіе Hallwachs'a, состоящее въ томъ, что свѣже—амальгамированные металлы разсѣиваютъ свой зарядъ. Ультрафіолетовые лучи съ длиною волны λ=120 - 200$\mu\mu$. особенно сильно разсѣиваютъ отрицательное электричество. Эти лучи не доходятъ до поверхности земли:они остаются въ верхнихъ слояхъ атмосферы.

Еще источникомъ іонизаціи служитъ распыленіе воды; (на этомъ и основано дѣйствіе водяного коллектора). Въ атмосферѣ раздѣленіе крупныхъ капель на мелкія происходитъ во время дождя, что вызываетъ электризацію и іонизацію воздуха. Подобнымъ-же образомъ дѣйствуетъ прибой волнъ въ морѣ и водопады. Капли дождя, падая съ большой высоты и распыляясь, расщепляютъ пары іоновъ такъ, что сами заряжаются положительнымъ электричествомъ, а атмосфера - отрицательнымъ. При распыленіи морской воды (т.е. соленой) воздухъ пріобрѣтаетъ наоборотъ положительный зарядъ, а вода - отрицательный. Опыты показываютъ, что при прибавленіи къ прѣсной водѣ очень малаго количества сѣрной кислоты положительный знакъ ея при распыленіи мѣняется на отрицательный. Гдѣ граница переходя знака? По изслѣдованіямъ Korsters'a при содержаніи 7 единицъ сѣрной кислоты въ 100000 единицахъ чистой воды получается граница между упомянутыми явленіями; слѣдовательно, достаточно къ прѣсной водѣ прибавить 0.007% (по объему) сѣрной кислоты, чтобы знакъ заряда, получающагося при распыленіи воды измѣнился. Подобное-же вліяніе, но не столь замѣтное, оказываютъ на воду разныя соли и при этомъ оно мало пока изучено.

Главнымъ источникомъ іонизаціи въ верхнихъ слояхъ атмосферы являются свѣтовые лучи, преимущественно ультрафіолетовые, а въ нижнихъ - почвенный воздухъ. Обмѣнъ электричества верхнихъ слоевъ атмосферы съ электричествомъ нижнихъ слоевъ происходитъ при помощи слѣдующихъ трехъ процессовъ: 1) дифузіи, 2) конвекціоннаго тока и 3) осадковъ. Дифузія дѣйствуетъ крайне медленно. Конвекціонный токъ происходитъ при восходящимъ и нисходящимъ движеніи воздуха, массы котораго переносятъ іоны или продукты распада радія, торія и актинія. И, наконецъ, осадки переносятъ электричество верхнихъ слоевъ въ нижніе слои атмосферы и на поверхность земли.

§ 22. *ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ОСАДКОВЪ. ТОКИ ВЪ АТМОСФЕРѢ.* Впервые электричество осадковъ было измѣрено Elster'омъ и Geitel'емъ въ 1890 году. Предложенный ими для этой цѣли приборъ состоялъ изъ изолированнаго сосуда для собиранія осадковъ, защищеннаго особою цилиндрическою сѣткою отъ дѣйствія земного поля. Сосудъ соединялся проволокою съ электрометромъ, которымъ и записывалось электричество осадковъ, попадающихъ въ приборъ. Одновременно съ электричествомъ осадковъ наблюдается и атмосферное электричество. Въ настоящее время методъ наблюденій, благодаря работамъ Benndorf'a, настолько усовершенствованъ, что для опредѣленія электричества осадковъ примѣняются особые самопишущіе приборы, которые даютъ возможность одновременно получить кривую электричества осадковъ и кривую атмосфернаго электричества. Weiss предложилъ очень простой способъ для собиранія электричества осадковъ. Онъ выставлялъ во время дождя на изолированной ручкѣ щетку, которая принимала зарядъ отъ падающихъ на нее капель. Собранное ею электричество изслѣдовалось въ лабораторіи помощью электрометра. Herath собиралъ осадки изолированной горизонтальной пластинкою большой поверхности (25 cm^2) и измѣрялъ токъ гальванометромъ.

Первыя наблюденія Elster'a и Geitel'я указали на сильное колебаніе знака и количества атмосфернаго электричества во время дождя и на противоположность въ ходѣ кривыхъ атмосфернаго электричества и электричества осадковъ. Знаки осадковъ встрѣчаются то положительные, то отрицательные, но въ общемъ преобладаетъ отрицательное электричество. Однако Benndorf, обработавъ и критически разобравъ 12 независимыхъ серій наблюденій надъ электричествомъ осадковъ, пришелъ къ заключенію, что преобладающимъ знакомъ электричества осадковъ является положительный. Въ Индіи, напримѣръ, оказалось, что изъ всѣхъ собранныхъ наблюденій 71% приходится на долю положительнаго электричества. Наблюденія показываютъ, что если осадки имѣютъ

зарядъ +, то изъ 60% этихъ случаевъ воздухъ заряж. отрицат.
" —, " " 53" " " " " "
заряда не имѣютъ, 50" " " " " "

Осадки часто обладаютъ радіоактивными свойствами и послѣ выпариванія дождя можно получить твердую массу, состоящую изъ атмосферной пыли и обладающую радіоактивностью. Еще болѣе радіоактивенъ снѣгъ, особенно свѣже-выпавшій. Снѣгъ, лежащій на желѣзныхъ крышахъ домовъ, теряетъ радіоактивность на второй день послѣ выпаденія. Снѣгъ, лежащій на почвѣ обладаетъ ее въ теченіе трехъ дней.

Всѣ осадки можно раздѣлить на три группы: 1) слабые осадки, выпадающіе въ теченіе продолжительнаго времени (ровные „обложные дожди"), 2) осадки, выпадающіе при порывистыхъ вѣтрахъ - „шквалахъ" и 3) осадки во время грозъ.

Осадки первой группы большой частью наэлектризованны одноименно съ воздухомъ, приэтомъ дождь несетъ отрицательный зарядъ, а снѣгъ - положительный; разность потенціаловъ доходитъ до $\pm$ 2000 $^{V}/_{m}$. Осадки второй группы имѣютъ зарядъ противоположный по знаку заряду воздуха. Въ началѣ дождя капли несутъ особенно большіе отрицательные заряды; послѣдніе съ теченіемъ времени уменьшаются; разность потенціаловъ доходитъ до $\pm$ 6000 $^{V}/_{m}$. Во время метели кривая электрографа показываетъ быстрыя и крупныя колебанія. При грозахъ и особенно передъ ними наблюдаются сильные вѣтры, а въ атмосферѣ происходятъ разряды электричества въ видѣ молній. Хотя напряженіе поля достигаетъ огромныхъ величинъ, тѣмъ не менѣе количество электричества остается весьма малымъ. Еще Faradey сказалъ, что электричество молніи по количеству равно тому, которое требуется для электрическаго разложенія только одной капли воды на кислородъ и водородъ.

Перенесеніе электричества осадками можно разсматривать какъ *ТОКИ ВЪ АТМОСФЕРѢ*. Сила ихъ (i) оказалась неодинаковой для каждой изъ трехъ нашихъ группъ осадковъ, а именно:

для первой группы	$i_1 = 10^{-14}$ Ампер/см^2
" *второй* "	$i_2 = 10^{-13}$ "
" *третьей* "	$i_3 = 10^{-12}$ "

Максимальный токъ во время грозы не превосходитъ и 1.2×10^{-12} $\frac{Amp.}{cm^2}$.

Выше мы видѣли, что въ атмосферѣ, благодаря проводимости воздуха и существующей разности потенціаловъ, можно обнару-

жить такъ называемый нормальный, проводящій токъ, идущій вертикально и опредѣляемый формулой $i = \lambda \frac{\partial v}{\partial h}$. Этому току въ земной корѣ соотвѣтствуютъ земные или теллурическіе токи. Принимая во вниманіе разсмотрѣнныя ранѣе значенія проводимости воздуха и допуская, что $\frac{\partial v}{\partial h} = 100\ ^{v}/_{m}$, для силы нормальнаго тока найдемъ величины:

Атлантическій Океанъ	$i = 2.3 \times 10^{-16}$	Ампер/см²
Тихій Океанъ	3.3×10^{-16}	
Центральная Европа	5.3×10^{-16}	
Нижнекъ	1.7×10^{-16}	

Изъ этого видно, что нормальный токъ въ 200 разъ слабѣе того, который обусловливается осадками первой группы и въ 20000 разъ слабѣе тока, наблюдаемаго во время грозы. Два электрическихъ тока, токъ осадковъ и токъ нормальный, далеко не компенсируютъ разсѣяніе электричества земной поверхностью. Правда, токъ во время грозы очень великъ, но онъ довольно рѣдкое явленіе. Вѣдь гроза бываетъ въ среднемъ не болѣе 2-3 разъ въ мѣсяцъ (въ нашихъ широтахъ). Разсмотримъ теперь третій изъ указанныхъ нами токовъ, такъ называемый конвекціонный токъ, который вызывается іонами перемѣщающимися въ атмосферѣ вмѣстѣ съ воздушными массами вслѣдствіе разнообразныхъ причинъ. При сильномъ нагрѣваніи поверхности земли окружающіе слои воздуха поднимаются вверхъ, на мѣсто ихъ опускаются новые. Одновременно съ перемѣщеніемъ воздушныхъ массъ перемѣшаются и іоны. Вызываемый такимъ перемѣщеніемъ іоновъ токъ можетъ дойти до весьма большой высоты. Напримѣръ, суточная амплитуда его доходитъ до высоты 1000 метровъ. Независимо отъ этого конвекціонный токъ можетъ образоваться и при вихревомъ движеніи, вертикальная слагающая котораго можетъ поднимать или опускать воздушныя массы. При циклонахъ вертикальная слагающая поднимаетъ воздухъ вверхъ, а при антициклонахъ эта слагающая воздушныя массы опускаетъ внизъ. Для опредѣленія вертикальной слагающей пока мы не имѣемъ хорошихъ приборовъ. Въ среднемъ можно принять скорость восходящаго движенія равной $1\ ^{m}/_{s}$. Зная это, можно найти то количество электричества, которое находится въ воздухѣ если послѣдній поднимается со скоростью 1 m/s. Получается объемная

плотность. По теоремѣ Пуассона имѣемъ:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\rho$$

Такъ какъ изопотенціальныя поверхности измѣняются только по оси z, т.е. по высотѣ h, то

$$\frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = -4\pi\rho$$

при этомъ $\frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = \frac{\partial V_1}{\partial h_1} - \frac{\partial V_2}{\partial h_2}$.

Имѣя въ виду нормальное поле атмосферы, т.е.

$$\frac{\partial V_1}{\partial h_1} > \frac{\partial V_2}{\partial h_2}$$

допустимъ, что: $\frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = 0.1\ ^{V}/_{m}$.

Тогда объемная плотность ρ выразится такъ:

$$\rho = -\frac{1}{4\pi.10} \cdot \frac{1}{100}\,\frac{1}{300}\,\varepsilon.S.\varepsilon = 2.7\times10^{-7}\,\varepsilon.S.\varepsilon.$$

Слѣдовательно, куб.метръ воздуха, поднимаясь на одинъ метръ въ секунду, вызываетъ конвекціонный токъ равный

$$i = 2.7\times10^{-7}\times 100\times\frac{1}{3.10^9} = 0.9\times10^{-14}\ Amp./cm^2.$$

Отсюда видно, что конвекціонный токъ болѣе нормальнаго. Направленіе его можетъ быть какимъ угодно. Передъ грозой часто наблюдаются вихревыя движенія со скоростью 15 m/s., поэтому конвекціонный токъ во время грозы значительно больше указаннаго. Онъ въ 600 разъ болѣе нормальнаго тока. Конвекціонный токъ особенно чувствителенъ къ измѣненію различныхъ метеорологическихъ элементовъ, поэтому и атмосферное электричество во время грозы очень измѣнчиво.

Всѣ эти токи имѣютъ суточный и годовой ходъ. Потсдамскія кривыя проводимости и вертикальнаго тока показываютъ maximum около восхода солнца и minimum около 2^h–3^h дня. Эти токи измѣрялись Ebert'омъ въ Мюнхенѣ. Онъ пользовался горизонтальной изолированной пластинкой, площадью въ 2 квадр. метра, покрытою растительностью. Simpson производилъ измѣреніе тока пластинкой въ 17 квадр.метра. Wilson и Lutz - небольшой металлической пластинкой. Ebert измѣрялъ токъ гальванометрически. Simpson пользовался электрографами Benndorf'a, а Wilson -

струннымъ электрометромъ. Эти наблюденія для силы конвекціоннаго тока дали слѣдующія величины:

Геттингенъ	2.66×10^{-16} Amp/cm²		Давосъ . . .	2.3×10^{-16} Amp/cm²	
Самоа . . .	2.14	" "	Симла (Индія)	3.6	" "
Мюнхенъ . .	2.04	" "	Исландія . .	3.0	" "
Эдинбургъ	2.86	" "	Потсдамъ . .	2.2	" "

Зная конвекціонный токъ можно объяснить и электрическіе заряды въ облакахъ. Мы знаемъ, что температура съ высотою падаетъ. Воздухъ поднимаясь вверхъ охлаждается; водяные пары, находящіеся въ немъ, сгущаются на ядрахъ сгущенія, которыми служитъ атмосферная пыль. Облака, образовавшіяся вслѣдствіе сгущенія водяныхъ паровъ на атмосферной пыли, не обладаютъ первоначальнымъ электрическимъ зарядомъ. Надъ ними образуется слѣдующій ярусъ облаковъ, водяныя капли которыхъ произошли благодаря конденсаціи водяныхъ паровъ на отрицательныхъ іонахъ Такая конденсація возможна при пересыщеніи воздуха и при отсутствіи атмосферной пыли. Съ уменьшеніемъ давленія увеличивается объемъ v воздуха. Если $v = 1.25 v_0$ (v_0 - первоначальный объемъ), то относительная влажность доходитъ до 420% и сгущеніе водяныхъ паровъ происходитъ на отрицательныхъ іонахъ. При $v = 1.38 v_0$ пересыщеніе достигаетъ 790% и этого достаточно чтобы сгущеніе началось и на положительныхъ іонахъ. Такимъ образомъ образуется третій ярусъ облаковъ заряженныхъ положительно. Очевидно, что отрицательные заряды облаковъ должны преобладать надъ положительными, такъ какъ послѣдніе образуются при большей степени пересыщенія, что случается, конечно, крайне рѣдко. Кромѣ того высокія степени пересыщенія мало вѣроятны. Укажемъ, что ядры сгущенія водяныхъ паровъ могутъ образоваться въ верхнихъ слояхъ атмосферы при содѣйствіи ультрафіолетовыхъ лучей, изъ составныхъ частей воздуха. Въ послѣднее время Simpson обращаетъ вниманіе на распыленіе водяныхъ капель, какъ источникъ раздѣленія зарядовъ даже въ восходящихъ токахъ. Если, такъ или иначе образовавшаяся, разность электрическихъ зарядовъ дойдетъ до большихъ величинъ, то происходятъ разряды или молніи. Если одно изъ такихъ заряженныхъ облаковъ имѣетъ кучевую форму съ радіусомъ въ 1 километръ, то каждый куб.метръ его содержитъ около 5 граммъ водяныхъ капель.

Такъ какъ 1 граммъ водяныхъ капель принимаетъ 1 $\mathcal{E}.S.\mathcal{E}$, то въ одномъ куб.метрѣ такого облака будетъ заключено 5 $\mathcal{E}.S.\mathcal{E}.$ электричества. Допуская его высоту равной 3000 м., вычисленія дадутъ для равности потенціаловъ на поверхности земли величину 11000 v/m. При слоистомъ облакѣ длиною въ 4 килом. и толщиною въ 0.2 килом. разность потенціаловъ на землѣ оказывается равной 3000 v/m. Форма облака измѣняетъ величину этой разности.

Нѣкоторые ученые учитываютъ вліяніе электричества облаковъ на земные токи, что однако врядъ ли возможно. Разъ между облаками и поверхностью земли и отдѣльными облаками образуется разность потенціаловъ, то получается новый токъ, зависящій отъ заряда облаковъ. Этотъ токъ довольно силенъ и потому долженъ оказывать вліяніе на земной магнетизмъ. Слѣдовательно, суточныя варіаціи геомагнетизма позволяютъ вычислить эти токи. Между тропиками много облаковъ грозового происхожденія. Слѣдовательно около экватора разность потенціаловъ велика и токи очень значительны. Въ широтахъ $30^\circ - 35^\circ$ облаковъ мало; мало и токовъ. Сѣвернѣе этихъ широтъ количество облаковъ увеличивается; поэтому должны возрастать и токи. Получается такимъ образомъ опредѣленная зависимость величины силы тока отъ географической широты. Этотъ результатъ можно провѣрить наблюдая явленія геомагнетизма. Если взять на поверхности земли нѣкоторый контуръ и обозначить черезъ H горизонтальную слагающую земного магнетизма, черезъ α уголъ между H и элементомъ кривой ds, то

$$\int H \cos\alpha \, ds$$

долженъ быть отличенъ отъ нуля, при условіи вліянія токовъ на геомагнетизмъ. По величинѣ интеграла можно судить и о величинѣ тока. Можно вычислить интегралъ для параллельныхъ круговъ. Такія вычисленія продѣлывались многими и между прочимъ Bauer'омъ, который нашелъ:

ШИРОТА	СИЛА ТОКА
$+ 50^\circ$	$- 104 \times 10^{-13}$ Амперъ / сант.^{2}
$+ 40^\circ$	$+ 12$ " "
$+ 15^\circ$	$+ 79$ " "
$+ 5^\circ$	$+ 84$ " "
0°	$- 36$ " "
$- 5^\circ$	$- 44$ " "

-15°	$+30$	" "
-35°	$+22$	" "
-55°	-274	" "

Около экватора токъ направленъ съ поверхности земли въ атмосферу. Съ широты $+5^\circ$ до $+40^\circ$ и съ -15° до -35° направленіе тока обратное. Токъ около экватора указываетъ на грозовой характеръ своего происхожденія. Всѣ суточныя колебанія на поверхности морей имѣютъ другой характеръ. Море задерживаетъ выдѣленіе эманаціи Ra, Th и Ac. Слѣдовательно, и въ электрическомъ отношеніи поверхности океановъ могутъ разниться отъ поверхности материковъ. Въ широтѣ -55° суши почти нѣтъ и для величины тока мы находимъ $-274 \times 10^{-13} \frac{amp.}{cm^2}$ Можетъ быть это стоитъ въ связи съ водной поверхностью. Однако вопросъ этотъ мало еще выясненъ, такъ какъ для этого нужно знать объемную плотность электричества или величину второй производной $\frac{\partial^2 V}{\partial h^2}$, что получается изъ сравненія разности потенціаловъ нижнихъ и верхнихъ слоевъ атмосферы. Разъ образуется большая разность потенціаловъ между землей и облаками или между отдѣльными облаками, измѣняющаяся въ широкихъ предѣлахъ, то особенно вліяетъ на нее количество водяныхъ паровъ въ атмосферѣ и форма ихъ, такъ какъ посслѣдняя измѣняется въ зависимости отъ того состоитъ-ли облако изъ водяныхъ капель или ледяныхъ кристалловъ. По временамъ большія разности потенціаловъ даютъ начало разнообразнымъ электрическимъ разрядамъ, которые мы видимъ, если они сопровождаются свѣтовыми явленіями. Разность потенціаловъ можетъ измѣняться въ широкихъ предѣлахъ, вмѣстѣ съ тѣмъ измѣняется и характеръ разрядовъ. При слабыхъ, тихихъ разрядахъ наблюдаются огни Св.Эльмы, при болѣе сильныхъ - молніи, а при сильныхъ разрядахъ въ верхнихъ слояхъ атмосферы - полярныя сіянія. Разсмотримъ теперь отдѣльно каждое изъ этихъ явленій.

§ 23. *ОГНИ СВ.ЭЛЬМЫ.* Еще латинскіе авторы описываютъ эти свѣтовыя явленія, которыя назывались огнями Castor'a и Pollux'a, огнями Св.Елены, Св.Николая, Св.Эрасмы и т.д. Часто они наблюдались на мачтахъ кораблей и считалось, между прочимъ, у древнихъ хорошимъ предзнаменованіемъ. Огненные шарики съ мачтъ свободно (безъ вреда для человѣка) можно было снять, но они вновь затѣмъ появлялись. Огни Св.Эльмы за-

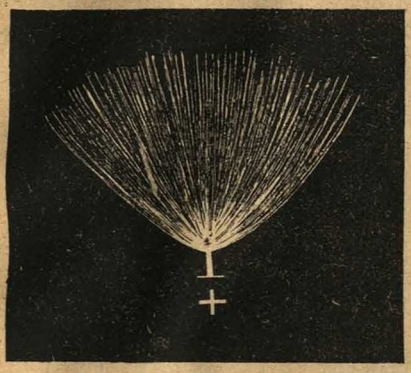
мѣчаются почти исключительно ночью и нѣкоторые наблюдатели отмѣчаютъ значительную яркость ихъ свѣта. Эти явленія особенно часты на моряхъ и въ горныхъ странахъ. Въ Альпахъ подобныя свѣтовыя явленія иногда можно замѣтить на телеграфныхъ столбахъ, проволокахъ, на архитектурныхъ контурахъ домовъ; наблюдается даже истеченіе изъ скалъ и съ животныхъ. На обсерваторіи Зоннблика (высота 3000 м.) въ продолженіе 20 мѣсяцевъ огни Св. Эльмы наблюдались въ теченіе 35 дней, 670 разъ, т.е. одно явленіе отмѣчалось черезъ каждыя три недѣли. Продолжительность ихъ была очень разнообразна. Обычно эти огни наблюдаются въ теченіе часа-двухъ, но были отмѣчены явленія, наблюдавшіяся въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ. Большинство огней Св.Эльмы на Зоннбликѣ наблюдалось во время выпаденія снѣга; приэтомъ оказалось, что снѣгъ въ крупныхъ хлопьяхъ имѣлъ положительный зарядъ въ 92% изъ всѣхъ случаевъ. Снѣгъ, выпадавшій въ видѣ мелкихъ разбитыхъ пылеобразныхъ снѣжинокъ, сопровождался въ 85% всѣхъ случаевъ отрицательнымъ электричествомъ. Отсюда слѣдуетъ, что при вѣтрахъ, когда велико треніе, увеличивается количество отрицательнаго электричества.

Въ огняхъ Св. Эльмы мы встрѣчаемся съ такими-же разрядами, какъ и во время грозы; но только эти явленія наблюдаются при тѣхъ температурахъ и тѣхъ зарядахъ, когда гроза не можетъ развиться полностью. Огни Св.Эльмы представляютъ собою тихій разрядъ со свѣтовыми явленіями. Частое появленіе ихъ въ горныхъ странахъ объясняется существующимъ тамъ уменьшеннымъ давленіемъ, которое облегчаетъ истеченію электричества. Опыты съ остріями показываютъ, что

При давленіи:	*750 mm.*	*400 mm.*
Истеченіе полож. электр. идетъ при зарядѣ	*+ 5050 v*	*+4000 v*
" отриц. " " " " " "	*- 4450 "*	*-3100 "*

Эти опыты были сдѣланы надъ остріями діаметра въ 0.3 мм. На Зоннбликѣ, на высотѣ 3000 м., давленіе не много болѣе 400 мм., слѣдовательно, явленіе огней Св.Эльмы можетъ наблюдаться при малыхъ разрядахъ и особенно при разрядахъ отрицательнаго электричества. О знакѣ заряда можно судить по внѣшнему виду огней. Положительное электричество, стекая съ острія, немного приподнимается надъ нимъ и пучекъ свѣтовыхъ лучей образуетъ

тупой уголъ (Черт.18). Излученіе-же отрицательнаго электричества идетъ непосредственно съ острія и лучи расходятся подъ угломъ не болѣе 45° (черт.19). Если огни Св.Эльмы разви-



Черт.18.

Черт.19.

ваются въ сильной степени, то наблюдаются одновременно и грозовыя явленія. Молніи, которыя проходятъ черезъ атмосферу, имѣютъ разный цвѣтъ при присутствіи огней Св.Эльмы разнаго знака. При положительныхъ огняхъ молніи имѣютъ красноватый оттѣнокъ; при огняхъ отрицательныхъ молніи окрашены въ фіолетовый цвѣтъ. Знакъ-же огней зависитъ отъ формы осадковъ. Особенно замѣчательно то, что съ ноября по февраль наблюдается 91% отрицательныхъ огней, а съ марта по октябрь количество отрицательныхъ огней равно только 45%. По временамъ года количество этихъ явленій значительно измѣняется.

Зима.	*Весна.*	*Лѣто.*	*Осень*
9%	*32%*	*38%*	*21%.*

Maximum'ы количества огней наблюдаются въ іюнѣ и августѣ, а minimum'ы - въ іюлѣ и декабрѣ (главный minimum). Получается, такимъ образомъ, годовой ходъ съ двумя maximum'ами и двумя minimum'ами.

Первыя наблюденія огней Св.Эльмы описывались крайне разнообразно. Нѣкоторые авторы отмѣчали свѣченіе архитектурныхъ линій; другіе наблюдали свѣтъ на телеграфныхъ линіяхъ; нѣкоторые-же авторы упоминаютъ о необыкновенно своеобразныхъ явленіяхъ. Такъ, напримѣръ, въ Австріи въ вестибюлѣ одной гостиницы наблюдались свѣтовые столбы длиною до двухъ метровъ,

опускающіеся сверху внизъ; тоже наблюдалось и въ типографіи одного маленькаго городка.

Въ послѣднее время на судахъ явленіе огней Св.Эльмы наблюдается и записывается черезъ каждые четыре часа. Въ настоящее время въ Гамбургѣ и въ Лондонѣ собранъ, такимъ образомъ, большой матеріалъ. Гамбургская Морская Обсерваторія даетъ такой выводъ изъ десяти-лѣтнихъ наблюденій.

На широтѣ 30° наблюдается:

Зимою.	*Веснoю.*	*Лѣтомъ.*	*Осенью.*
24%	*41%*	*12%*	*23%*

общаго количества огней. Maximum'ы наблюдаются въ апрѣлѣ и ноябрѣ; minimum'ы падаютъ на іюнь и главный - на декабрь. Слѣдовательное, наибольшее число этихъ явленій на тропическихъ моряхъ наблюдается весной, а въ Европѣ, какъ мы уже видѣли, - лѣтомъ. Возможно, что образованіе этихъ явленій зависитъ отъ теплого времени года, но возможно и то, что такая періодичность зависитъ отъ повторяемости грозъ. Въ широтѣ 30° наблюдается нисходящее движеніе воздуха; поэтому грозовыя явленія здѣсь рѣдки и такъ какъ maximum облаковъ наблюдается весной, то и maximum огней Св.Эльмы падаетъ на то же время года. Для южнаго полушарія на той-же широтѣ (- 30°) maximum этихъ явленій также падаетъ на весну сѣвернаго полушарія.

Зима.	*Весна.*	*Лѣто.*	*Осень.*
8%	*42%*	*25%*	*25%.*

Maximum наблюдается въ маѣ, ноябрѣ, minimum - въ декабрѣ.

Выходитъ, какъ будто, положеніе земли относительно солнца играетъ важную роль въ періодичности огней Св.Эльмы.

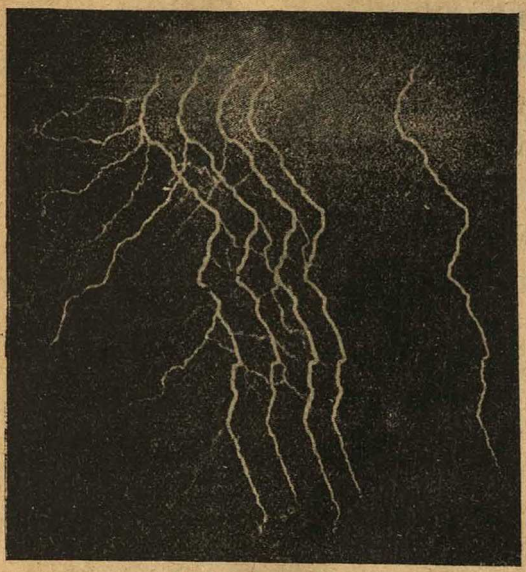
Очень трудно разграничить огни Св.Эльмы отъ другихъ электрическихъ свѣтовыхъ явленій. Въ Южной Америкѣ, въ Андахъ, иногда наблюдается среди ночи освѣщеніе горъ, вершины которыхъ окрашиваются въ красный цвѣтъ. Сначала эти явленія принимали за альпійское сіяніе; но послѣднее, какъ мы знаемъ, не можетъ происходить ночью. Затѣмъ объясняли это свѣченіе горъ истеченіемъ отрицательныхъ электрическихъ массъ въ верхніе слои атмосферы. Въ такомъ случаѣ въ этихъ мѣстахъ

должны наблюдаться и грозовыя явленія. Однако въ Андахъ, въ широтѣ 5°, грозъ нѣтъ. Такъ какъ освѣщеніе вершинъ горъ все-таки существуетъ, то вѣроятно это можно приписать огнямъ Св.Эльмы. Возможно, что подобныя явленія наблюдаются и у насъ на Кавказѣ, но мы не имѣемъ систематическихъ наблюденій.

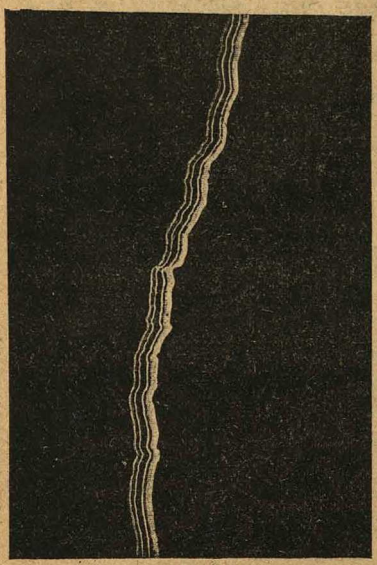
§ 24. *МОЛНІЯ.* Явленіе огней Св.Эльмы связано съ поверхностью земли, грозовое-же явленіе - молнія, къ разсмотрѣнію котораго мы теперь переходимъ, принадлежитъ самой атмосферѣ. Различаютъ три вида молніи: 1) линейная, 2) поверхностная или плоская и, наконецъ, 3) объемная молнія (шарообразная).

Линейная молнія дѣлится на зигзагообразную и четкообразную. Послѣдній видъ молнія открытъ сравнительно недавно и поэтому четкообразная молнія еще плохо изслѣдована. Она состоитъ какъ-бы изъ капель-четокъ, описывающихъ различныя фигуры и наблюдается крайне рѣдко. Прежде линейной молніи приписывали зигзагообразную форму; однако уже первыя фотографіи показали, что въ дѣйствительности молнія не представляетъ собою ломаную линію съ рѣзкими зигзагами. Въ природѣ молнія имѣетъ такой же видъ, какъ на картахъ представляется рѣчная система. Разряды между двумя полюсами электрической машины въ лабораторіи даютъ приблизительно ту же картину. Путь молніи крайне сложенъ. Иногда молнія идетъ отъ облаковъ къ землѣ, сильно вѣтвясь на своемъ пути. Въ этомъ случаѣ, когда молнія идетъ отъ положительно заряженныхъ облаковъ къ отрицательно заряженной землѣ, напряженія въ отдѣльныхъ частяхъ ея невелико и такая молнія на землѣ не очень опасна, такъ какъ напряженіе раздѣлилось на отдѣльныя вѣтви. Но случается, что молнія поднимается съ поверхности земли, въ такомъ случаѣ земля имѣетъ положительный и не раздѣленный зарядъ, а облака - отрицательный. Эти молніи, обладающія на поверхности земли нераздѣленнымъ большимъ напряженіемъ, представляютъ большую опасность. (Замѣтимъ, что молніи всегда идутъ отъ положительнаго заряда къ отрицательному). Каждая молнія имѣетъ свои особенности, которыя возможно изучить исключительно по фотографіямъ. Фотографируютъ молніи преимущественно ночью. Для этого открываютъ затворъ объектива, направивъ камеру въ опредѣленное мѣсто неба, и ждутъ молніи. Иногда камерѣ сообщаютъ опредѣленную равномѣрную скорость вращенія, благодаря чему на фотографической пластинкѣ можно получить опредѣленные раз-

ряды (см.черт.20) въ разныхъ ея мѣстахъ, разстоянія между которыми можно точно опредѣлить. По измѣненію разстояній можно судить объ интервалахъ между отдѣльными колебательными разрядами, т.е. можно найти время, черезъ которое происходятъ послѣдніе. Разсматривая фотографіи молній, мы замѣтимъ ихъ своеобразность. Наблюдаются молніи, подобныя системѣ корней растеній. Нѣкоторыя молніи подобны вѣнцамъ: вокругъ нихъ образуются бѣлыя полосы, съ нерѣзкими и блѣдными краями, что объясняется распространеніемъ вокругъ молніи раскаленнаго воздуха (см.черт.20). Иногда оба края молніи рѣзко очерчены, а внутренняя часть ея сравнительно слаба. Такія молніи очень рѣдки. Съ примѣненіемъ проф.Пильчиковымъ, проф. Kaiser'омъ и др. особо чувствительныхъ пластинокъ при фотографированіи были открыты лентообразныя молніи. Если снять такую молнію, то получимъ рядъ параллельныхъ полосъ, разстоянія между которыми и ихъ длина различны. Первый разрядъ подготовляетъ нѣкоторый каналъ, дальнѣйшій его удлиняетъ и т.д. Фитографируя эту молнію обыкновенной камерой мы найдемъ лентообразную форму ея (см.чер. 21). Образовавшаяся такимъ образомъ лента можетъ быть деформирована воздушными теченіями. Наблюдались и особого рода молніи, подобныя ракетѣ, когда изъ одного конца ихъ выбрасывался пѣлый



Черт.20.



Черт.21.

снопъ лучей. Эти молніи въ сущности близки къ четкообразнымъ, такъ какъ они выбрасываютъ такія же капли-четки, какъ и четкообразныя молніи. Были отмѣчены и такія молніи, разряды которыхъ происходили по всевозможнымъ направленіямъ и описывали необыкновенно прихотливыя кривыя. Скорость передвиженія молніи, т.е. время ея разряда исчисляется тысячными долями секунды. Правда, иногда молнія бываетъ болѣе продолжительной, но объясняется это сліяніемъ въ одинъ нѣсколькихъ разрядовъ. Это бываетъ тогда, когда вскорѣ послѣ одного разряда, проходитъ другой, третій и т.д., и нашъ глазъ не можетъ ихъ раздѣлить. Во время молніи колесо движущагося экипажа, кажется стоящимъ неподвижно, что указываетъ на короткую продолжительность молніи. Для опредѣленія скорости разряда придуманы разные аппараты: Dove, Dufour, Schmidt, Wheatstone и др. Напримѣръ наблюдаютъ при помощи вращающихся со скоростью до 100 оборотовъ въ секунду черныхъ круговъ съ бѣлыми знаками или бѣлыхъ круговъ съ черными. Эти знаки видны только при молніи, когда кругъ вращается съ большой скоростью. Такимъ образомъ оказалось, что продолжительность линейныхъ молній заключается въ предѣлахъ отъ 1/200 до 1/5000 доли секунды.

Изученіе спекторовъ молніи показываетъ, что спектръ ихъ, какъ и спектръ искры, зависитъ отъ тѣхъ газовъ, черезъ которые она проходитъ и отъ тѣхъ частицъ, изъ которыхъ состоятъ электроды. Раньше поверхностную или плоскую молнію отожествляли съ явленіемъ зарницы (т.е. съ отблескомъ отдаленной грозы.) Но спектръ ея показываетъ, что это не всегда бываетъ такъ. Поверхностная молнія наблюдается сразу въ пѣлой области. Спектръ ея полосатый, состоящій изъ полосъ азота, а полосы водорода и кислорода менѣе замѣтны. Линейныя же молніи имѣютъ линейный спектръ, состоящій изъ линій азота, кислорода, водорода и благородныхъ газовъ. Сообразно спектру молній существуетъ и разнообразіе ихъ цвѣтовъ. Если земля служитъ анодомъ - цвѣтъ молніи красноватый; если же земля - катодъ, тогда цвѣтъ - синій или голубоватый. Систематическія наблюденія на Шафбергѣ надъ грозами показали, что на большихъ высотахъ преобладаютъ молніи синяго и фіолетоваго цвѣтовъ. Въ Англіи опубликованы результаты пяти-лѣтнихъ изслѣдованій. Каждая молнія имѣла опредѣленную окраску, которую можно было характеризовать однимъ изъ слѣдующихъ цвѣтовъ: красный, оранжевый, желтый, золотистый,

зеленый, синій, фіолетовый и бѣлый. Такимъ образомъ было найдено:

	Число молній въ процентахъ: линейныхъ	поверхностныхъ
Краснаго цвѣта	24	15
Оранжеваго "	5	5
Желтаго "	9	15
Золотистаго "	13	13
Зеленаго "	3	6
Синяго "	19	12
Фіолетоваго "	9	10
Бѣлаго "	19	24

Въ общемъ, линейныхъ молній отъ краснаго до зеленаго цвѣта наблюдалось 51%, поверхностныхъ 48%, а отъ зеленаго до фіолетоваго цвѣта линейныхъ наблюдалось 31%, а поверхностныхъ 28%. Отдѣльныя грозы указываютъ на преобладаніе молній краснаго оттѣнка. Во время грозы 16% всѣхъ молній наблюдалось исключительно краснаго цвѣта, 14% только краснаго съ синимъ и 26% краснаго, синяго и другихъ цвѣтовъ. Безъ краснаго цвѣта наблюдалось 11% всѣхъ молній, безъ краснаго и синяго только - 2%.

При прохожденіи молніи между облаками, что бываетъ въ большинствѣ случаевъ, не наблюдается чистый красный цвѣтъ; обычно получается пестрота цвѣтовъ. Въ спектрѣ такихъ молній одновременно съ линіями азота имѣется линія криптона (550 μμ.) Линія съ той-же длиной волны встрѣчается и въ спектрѣ полярныхъ сіяній.

Въ спектрѣ молніи Pickering нашелъ 19 характерныхъ линій, 2 изъ нихъ принадлежатъ азоту, 2 кислороду и 12 линій - благороднымъ газамъ Ne, Ar, Kr и Xe.

Зная фокусное разстояніе камеры и ширину изображенія молніи на фотографіи, можно найти и дѣйствительную ширину молніи. Ширина лентообразныхъ молній колеблется между 15-16 метрами. По изслѣдованіямъ проф.Пильчикова она оказывается равной 12.5 метровъ.

Тѣ молніи, которыя соединяютъ землю съ облаками или обратно, имѣютъ длину, равную высотѣ облаковъ, т.е. до 2 кило-

метровъ. Длина горизонтальныхъ молній доходитъ до 50 километровъ.

Что-же касается напряженія электрическаго поля во время грозы, то оно необыкновенно велико. Нѣкоторые металлы, находящіеся на пути молніи, расплавляются по поверхности. По величинѣ расплавленной поверхности можно судить о силѣ электрическаго тока. Кромѣ того молніи могутъ намагничевать нѣкоторыя горныя породы, преимущественно базальты; опредѣляя магнитный моментъ послѣднихъ и, зная зависимость его отъ силы тока, можно найти силу электричества молній. Напряженіе его оказалось равнымъ 20000 - 30000 амперъ. Такая большая величина будетъ ясна, если мы сравнимъ ее съ тою силою тока, которая требуется въ промышленности. Трамвай приводится въ движеніе токомъ, сила котораго около 50 амперъ. Для лампочки накаливанія нужно не болѣе 1/2 ампера. Однако количество электричества въ молніи очень невелико, что объясняется краткостью времени разряда.

Магнитная ось базальтовъ, намагниченныхъ молніей, не представляетъ прямую линію. Это указываетъ на то, что молнія идетъ по пути наименьшаго сопротивленія. Опредѣляя путь молніи Toepler нашелъ, по магнитнымъ линіямъ въ базальтахъ, что изъ 92 молній, 55 шли вверхъ и только 37 внизъ. Выше Си.№. молніи бываютъ очень рѣдко, а если бываютъ, то поднимаются прямо вверхъ къ голубому небу, если по этому направленію находятся большіе свободные заряды.

Молніи не только намагничеваютъ горныя породы, но, попадая въ кварцевый песокъ, расплавляютъ его, и образуютъ фульгуриты (чортовы пальцы). Послѣдніе были найдены въ 1711 году, но только въ 1725 году было доказано ихъ происхожденіе, когда на глазахъ Hagen'a въ Кенигсбергѣ молнія ударила въ землю и въ мѣстѣ удара имъ было найдена расплавленная масса. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ въ Старщиковѣ (въ Польшѣ) на пространствѣ менѣе 1/2 десятины нашли 26 фульгуритовъ. Особенно много ихъ на Маломъ Араратѣ, а на Большомъ Араратѣ, высота котораго значительна, подобныхъ образованій не найдено. Слѣдовательно, не на всякой почвѣ и не на всякой высотѣ образуются фульгуриты.

Ихъ очень мало въ безводныхъ известникахъ и весьма много въ водинистыхъ глинистыхъ почвахъ.

Ударяя въ деревья молнія совершенно разрушаетъ ихъ. Изъ высокихъ деревьевъ болѣе всего страдаетъ тополь. Изслѣдованія Van der Linden'a въ Белгіи показываютъ, что

въ тополь	приходится	56%	всѣхъ	ударовъ
" дубъ	"	14"	"	"
" хвойныя дер.	"	7"	"	"
" букъ	"	4"	"	"
" грушев.дер.	"	3"	"	"

Число ударовъ въ хвойныя деревья сравнительно мало, что объясняется формой ихъ листвы: ихъ иглы быстро теряютъ зарядъ. Подобный-же результатъ былъ найденъ и въ Германіи.

Что-же касается несчастныхъ случаевъ съ людьми, то статистика показываетъ, что изъ милліона людей ежегодно поражается молніей

въ Соединенн. Штатахъ	8	человѣкъ
" Франціи	3	"
" Германіи	4	"
" Швеціи	3	"
" Белгіи	2	"
" Австріи	10.6	"
" Англіи	1	"

Въ Америкѣ поражается молніей ежегодно 47 живущихъ въ деревнѣ и только 7 обывателей городовъ. Такая большая разница объясняется присутствіемъ въ городахъ высокихъ предметовъ, которые выравниваютъ электрическое поле. Поэтому въ Англіи, гдѣ много фабричныхъ трубъ, число убитыхъ молніей незначительно. Много несчастныхъ случаевъ наблюдается въ Австріи и особенно въ Австрійскихъ Альпахъ. Въ среднемъ можно считать, что изъ милліона людей ежегодно убивается молніей четверо. Быть убитымъ молніей вдвое вѣроятнѣе, чѣмъ выиграть 200.000 рублей.

Для выясненія вопроса, гдѣ безопаснѣе находится во время грозы приведемъ слѣдующую таблицу:

Изъ числа всѣхъ ударовъ молніи въ

домъ	*67%*	*огранич.*	*поверждeн.*	*и*	*33%*	*оканчиваются*	*смертью.*
деревья	*34"*	*"*	*"*	*"*	*66"*	*"*	*"*
поле	*46"*	*"*	*"*	*"*	*54"*	*"*	*"*

Отсюда видно, что смертельныхъ случаевъ въ домахъ меньше, чѣмъ въ полѣ или подъ деревьями.

Кромѣ линейныхъ молній наблюдаются еще поверхностныя или плоскія, освѣщающія большее пространство. Одни полагаютъ, что каждая изъ такихъ молній состоитъ изъ ряда линейчатыхъ, образующихся одновременно въ самихъ облакахъ, а другіе - что они представляютъ собою тихіе разряды внутри облаковъ.

Наконецъ, послѣдній видъ молній, объемныя или шарообразныя представляютъ собою весьма загадочное явленіе. Arago описываетъ около 200 такихъ молній. Много ихъ было описано и послѣ него другими авторами. Однако разсказы о шаровыхъ молніяхъ часто граничатъ съ фантазіей и иногда совершенно не передаютъ самого существа явленія.

Можно считать вполнѣ выясненнымъ слѣдующее. Шаровыя молніе въ большинствѣ случаевъ имѣютъ бѣлый, желтый или красный цвѣтъ. Синяя и фіолетовая окраска ихъ очень рѣдка. Перемѣщеніе этихъ молній въ атмосферѣ происходитъ сравнительно съ крайне малой скоростью: шаровую молнію иногда легко можно догнать. Размѣры ихъ колеблятся отъ величины кулака до величины человѣческой головы. По запаху сѣры (озона), выдѣляемому при передвиженіи шаровой молніи, можно заключить, что она іонизируетъ воздухъ. Послѣдствія производимыя этими молніями очень разнообразны. Иногда шаровая молнія, проходя черезъ соломенную крышу, безслѣдно исчезала. Иногда, попадая въ домъ, она производила страшныя разрушенія и пожары. Шаровыя молніи не считаются съ проводниками электричества, а проходятъ тамъ, гдѣ имѣются воздушныя теченія: входятъ въ окна, форточки и т.д. Наблюдался случай, когда шаръ вошелъ въ комнату и черезъ стѣну, въ которой оказался каналъ, прошелъ въ сосѣднюю комнату.

Раньше иногда считали шаровую молнію - субъективнымъ явленіемъ. Mascart, напримѣръ, объяснялъ тѣмъ, что свѣтъ на нашей ретинѣ запечатлѣвается въ видѣ желтаго шара, который

идетъ туда, куда повертываемъ мы свои глаза. Но подобное объясненіе не соотвѣтствуетъ описаніямъ шаровыхъ молній. Слѣдующій фактъ доказываетъ объективность этихъ явленій. Въ Миланѣ шаровая молнія во время представленія въ театрѣ прошла черезъ зрительный залъ на сцену и опалила актерамъ брюки.

Теорій шаровыхъ молній много, но всѣ они не состоятельны. Интересны лишь опыты Plante. Онъ бралъ около 20000 аккумуляторовъ, каждый по 2 V. Прикасаясь электродами къ водѣ, можно было наблюдать образованіе небольшихъ свѣтящихся шариковъ. На основаніи этихъ опытовъ имъ была составлена особая теорія шаровыхъ молній.

Современное объясненіе шаровой молніи предполагаетъ, что послѣдняя состоитъ изъ раскаленныхъ массъ водянаго пара и азота. Эти раскаленныя массы могутъ въ видѣ сферической формы находиться въ атмосферѣ. Одна изъ фотографій проф. Пильчикова указываетъ на присутствіе въ молніи округленныхъ раскеленныхъ массъ, представляющихъ, вѣроятно, тотъ-же матеріалъ, изъ котораго состоятъ и шаровыя молніи. Однако, можно сказать, что удовлетворительныхъ объясненій ни для шаровыхъ, ни для четкообразныхъ молній пока не имѣется.

§ 25. *ГРОЗООТМѢТЧИКЪ.* Въ большинствѣ случаевъ бываетъ возможно сосчитать при непосредственныхъ наблюденіяхъ число молній во время грозы. При сильныхъ-же грозахъ сдѣлать подобный подсчетъ уже нельзя, такъ какъ число молній въ это время бываетъ необыкновенно велико. Prohaska, напримѣръ, въ теченіе 15 минутъ насчиталъ 1000 молній, т.е. въ каждую секунду происходитъ болѣе одного разряда. Въ экваторіальныхъ странахъ, особенно на моряхъ, наблюдаются еще болѣе интенсивныя грозы: безпрерывные разряды идутъ по всѣмъ направленіямъ. Лишь съ изобрѣтеніемъ безпроволочнаго телеграфа былъ предложенъ самопишущій приборъ для регистраціи молній. Безпроволочный телеграфъ, какъ и разряды молніи, распространяетъ въ атмосферѣ электрическія волны; нужно только имѣть возможность воспринимать ихъ. Приборъ, предназначенный для этой цѣли, состоитъ изъ слабой батареи (обычно не болѣе одного элемента батареи Даніеля), въ цѣпь которой включенъ электромагнитъ и воспріемникъ (когереръ Branli). Послѣдній представляетъ собою стеклянную трубку, наполненную металлическими (Fe , Ni или Ag) опилками, сопротивленіе которыхъ велико; поэтому электриче-

скій токъ черезъ нее пройти не можетъ. Однако электрическія волны (безпроволочнаго телеграфа или молніи - безразлично) дѣлаютъ когереръ проводникомъ и токъ батареи, проходя черезъ него, замыкаетъ электромагнитъ, которымъ въ свою очередь замыкается другой токъ болѣе сильный, въ цѣпь котораго введенъ звонокъ и самопишущая часть прибора. Такимъ образомъ послѣ каждой молніи можно слышать звонокъ и получить отмѣтку на бумажномъ кругѣ. При размыканіи электромагнита особый молоточекъ ударяетъ по трубкѣ (когереру) и возвращаетъ опилкамъ первоначальное сопротивленіе. Первый такой грозоотмѣтчикъ былъ изобрѣтенъ Поповымъ въ Кронштадтѣ. Boggio-Lera въ Катаніи предложилъ грозоотмѣтчикъ съ двумя когерерами. Затѣмъ трубка Branli была замѣнена иголочнами. Свящ. Fennyi въ Венгріи усовершенствовалъ приборъ введеніемъ въ цѣпь четырехъ когереровъ, различной чувствительности. Каждый когереръ воспринаетъ одинъ опредѣленный зарядъ. Это обстоятельство довольно важно, такъ какъ для записи молній различной интенсивности необходимо имѣть разные когереры. Наблюдая грозоотмѣтчикомъ хотя бы съ однимъ когереромъ, можно установить суточный и годовой ходъ молніи уже по наблюденіямъ одного года. Звонокъ въ приборѣ можно замѣнить перомъ, описывающимъ въ теченіе часа полный кругъ. Каждая молнія отмѣчается при этомъ точкой. Грозоотмѣтчикъ можетъ записывать разряды молній, происходящіе за 100 верстъ отъ мѣста наблюденія. Единственный недостатокъ прибора тотъ, что мы не знаемъ съ какого разстоянія и направленія получается данный разрядъ.

§ 26. *ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДѢЛЕНІЕ ГРОЗЪ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.* Необходимымъ условіемъ образованія грозъ является присутствіе воды. Въ безводныхъ мѣстностяхъ, напримѣръ, въ пустыняхъ, нѣтъ и грозовыхъ явленій, а наблюдаемые здѣсь довольно сильные временами электрическіе разряды вызываются электричествомъ тренія. Особенно много грозъ (50-100 въ теченіе года) на тропическихъ островахъ, въ центральной Америкѣ и на берегу Африки около экватора, т.е. въ такихъ мѣстностяхъ, гдѣ количество осадковъ весьма велико. На западномъ берегу Сѣверной Америки, въ пустынѣ Калифорніи, грозъ очень мало. На западномъ же берегу Южной Америки около экватора до широты 5° грозъ почти не бываетъ и жители этой области любуются грозами, переѣзжая

Кордельеры. Въ общемъ на западномъ берегу Америки грозъ меньше, чѣмъ на восточномъ.

Географическое распредѣленіе грозъ и указываетъ ясно, что послѣднія требуютъ для своего образованія большія массы воды и высокія температуры. Образующіяся при такихъ условіяхъ грозы называются термическими. Другой видъ грозъ, такъ называемыя циклоническія грозы, зависятъ отъ вихревого движенія внутри циклоновъ и наблюдаются въ мѣстахъ прохожденія послѣднихъ. Въ Европѣ сильные циклоны бываютъ осенью и зимою. Поэтому циклоническія грозы въ Европѣ наблюдаются зимою. Въ Москвѣ зимнія грозы очень рѣдки; одна гроза въ десятилѣтіе. Циклоны съ зимними грозами къ намъ приходятъ съ запада, а въ продолженіе этого пути они обычно теряютъ свою интенсивность. Въ Норвегіи преобладаютъ циклоническія грозы надъ термическими, но въ Швеціи преимущественно бываютъ термическія грозы. На Фарерскихъ островахъ и на островѣ Исландіи происходятъ почти исключительно циклоническія грозы. Термическія грозы бываютъ во всѣхъ умѣренныхъ широтахъ, особенно много ихъ между тропиками, гдѣ много осадковъ. Въ областяхъ нисходящаго движенія воздуха гроза почти не бываетъ, хотя тамъ и наблюдаются высокія температуры. Это объясняется тѣмъ, что въ этихъ областяхъ (т.е. въ широтѣ 30° - 35°) испаряющаяся вода не вполнѣ насыщаетъ воздухъ; а безъ большой влажности воздуха, какъ мы видѣли, грозы не образуется.

§ 27. *ОБРАЗОВАНІЕ ГРОЗЫ И ГРАДА.* Океанъ обладаетъ большой теплоемкостью, поэтому при равныхъ количествахъ получаемаго тепла онъ нагрѣвается менѣе суши. Вслѣдствіе этого изотермическія поверхности повышаются надъ поверхностью суши днемъ значительнѣе, чѣмъ надъ моремъ. Въ виду преобладанія на континентѣ высокихъ температуръ воздуха, послѣдній можетъ принимать въ себя много воды. Съ поднятіемъ изотермическихъ поверхностей, уменьшается плотность воздуха, т.е. одновременно поднимаются изобарическія поверхности. Эта картина измѣняется суточнымъ ходомъ лучеиспусканія. Ночью, когда преобладаетъ потеря тепла, материкъ охлаждается быстрѣе океана, получается противоположное явленіе, т.е. ночью изотермическія и изобарическія поверхности поднимаются надъ моремъ и опускаются надъ континентомъ. Однако лѣтомъ солнце находится надъ

горизонтомъ болѣе продолжительное время, чѣмъ подъ нимъ, поэтому вліяніе дневного нагрѣванія преобладаетъ надъ вліяніемъ ночного лучеиспусканія. Съ каждымъ слѣдующимъ днемъ изотермическія поверхности поднимаются все выше и выше. Температура надъ материкомъ увеличивается значительнѣе, чѣмъ надъ океаномъ. Эти условія и вызываютъ явленія грозы. Лѣтомъ передъ грозой иногда днемъ бываетъ душно или какъ говорятъ „паритъ". Это указываетъ на то, что въ нижнихъ слояхъ атмосферы воздухъ сильно нагрѣтъ и насыщенъ водяными парами, т.е. возникли такія условія, которыя способствуютъ образованію грозы. Въ верхнихъ слояхъ воздуха условія температуры и влажности измѣняются сравнительно мало. Такимъ образомъ получается усиленная разность между температурою сильно нагрѣтыхъ нижнихъ слоевъ воздуха и холодными верхними слоями. Эта разница въ температурѣ и влажности по горизонтальному направленію менѣе замѣтна, уже потому, что паденіе температуры по горизонтальному направленію несравнимо съ паденіемъ ея по вертикали.

При устойчивомъ равновѣсіи атмосферы, когда паденіе температуры воздуха менѣе одного градуса при поднятіи на каждые сто метровъ, можетъ и не быть грозъ, такъ какъ всѣ изотермическія поверхности поднимаются равномѣрно и разность температуры между высокими и низкими слоями атмосферы нѣкоторое время можетъ остаться нормальной или мало увеличенной. Благодаря болѣе высокой температурѣ не только внизу, но и въ верхнихъ слояхъ, воздухъ можетъ принять больше водяныхъ паровъ, чѣмъ обыкновенно и соотвѣтственно этому больше тепловой энергіи, чѣмъ воздухъ въ мѣстностяхъ внѣ этой нагрѣтой и водяными парами насыщенной области. Если и внѣ этой области поверхность земного шара такова, что можетъ испарять воду, то тамъ испареніе не будетъ такимъ значительнымъ, ибо температура не столь высока. Вообще при высокой температурѣ воздухъ рѣдко бываетъ насыщенъ. Въ этихъ областяхъ получившіеся при испареніи водяные пары поднимаются вверхъ, такъ какъ ихъ удѣльный вѣсъ, равный 0.622, меньше удѣльнаго вѣса воздуха. Въ мѣстахъ самой высокой температуры начинается поднятіе вмѣстѣ съ водяными парами самаго воздуха. Къ тому запасу тепла, который имѣется на разныхъ высотахъ, прибавляется еще скрытая теплота, освобождающаяся при сгущеніи водяныхъ паровъ. Эта теплота

парообразованія не активна, когда она находится въ скрытомъ состояніи, и становится активной при сгущеніи водяныхъ паровъ. Тогда вслѣдствіе выдѣленія теплоты измѣняется термическое состояніе атмосферы, а также измѣняется и плотность воздуха, относительно плотности воздуха сосѣднихъ областей на равныхъ высотахъ. Получается неустойчивое состояніе атмосферы въ горизонтальномъ, а затѣмъ и въ вертикальномъ направленіи. При нарушеніи равновѣсія въ атмосферѣ начинается быстрое поднятіе болѣе теплыхъ слоевъ воздуха и происходитъ дальнѣйшее сгущеніе водяныхъ паровъ и дальнѣйшее выдѣленіе скрытой теплоты. Всѣ эти быстрыя и бурныя измѣненія въ атмосферѣ, которыя наблюдаются во время грозы, происходятъ съ весьма большой скоростью. Разъ воздухъ въ одномъ мѣстѣ поднимается, то, конечно, въ другомъ какомъ нибудь мѣстѣ онъ долженъ опускаться, поэтому къ тому мѣсту, гдѣ происходитъ восходящее движеніе начинаютъ притекать новыя массы воздуха. Въ этомъ случаѣ образуется въ атмосферѣ кругооборотъ воздуха вокругъ оси, имѣющей горизонтальное направленіе. Подобно тому какъ ось циклона не всегда вертикальна, такъ и эта ось можетъ имѣть всевозможныя положенія смотря по тому, гдѣ будетъ область наиболѣе холоднаго воздуха. Обычно предвѣстникомъ термической грозы является буря, которая доказываетъ поднятіе воздуха. Внезапная буря и представляетъ собою часть вихревого движенія съ горизонтальной осью. Скорость поднимающихся воздушныхъ массъ (скорость бури) достигаетъ 15-20 m/s. и болѣе. Воздушныя массы вращаясь около оси могутъ нѣсколько разъ опускаться и подниматься вверхъ. Вихревое движеніе развивается не всегда въ равномѣрной степени. Если радіусъ его великъ, т.е. восходящее движеніе захватываетъ высокіе слои атмосферы, то образуется градъ Если вихревое движеніе ограничивается только нижними слоями атмосферы, то образованія града не произойдетъ. Такъ, напримѣръ, въ муссонахъ града нѣтъ, хотя и бываютъ грозовыя явленія. Это указываетъ на то, что высота муссона (равная приблизительно 4000 метр.), до которой доходитъ вихревое движеніе, недостаточна для образованія града.

Существованіе такихъ вихревыхъ движеній доказывается облаками; кромѣ того ихъ существованіе непосредственно наблюдалось англійскимъ воздухоплавателемъ Wise'омъ, который по-

палъ въ грозовой вихрь и въ теченіе 20 минутъ былъ десять разъ поднятъ вихревымъ движеніемъ до голубого неба (за облака) и десять разъ опущенъ почти до земли. При этомъ восходящее движеніе, которое такъ бросало Wise, было настолько сильно, что его шаръ по временамъ оказывался ниже корзины.

Градины въ разрѣзѣ показываютъ луковичное слоистое строеніе и состоятъ въ большинствѣ случаевъ изъ нѣсколькихъ концентрическихъ слоевъ или скорлупокъ, причемъ ледяные слои чередуются съ уплотненными снѣговыми слоями. Центральное ядро градины состоитъ изъ крупы, бѣлой снѣговидной массы. Blanford въ Индіи наблюдалъ до 14 такихъ концентрическихъ слоевъ въ градинахъ. Изъ этого видно, что градины постепенно увеличиваются, то за счетъ льда или переохлажденной воды, то за счетъ снѣговой массы. Надъ грозовымъ облакомъ по большей части лежитъ слой ложныхъ перистыхъ облаковъ, состоящихъ изъ ледяныхъ иголъ. При вихревомъ движеніи эти иглы легко могутъ придти въ соприкосновеніе съ переохлажденными каплями и образовать слоистое строеніе градинъ, которыя при томъ же вихревомъ движеніи нѣсколько разъ могутъ сталкиваться съ ледяными иглами и переохлажденными каплями. Вслѣдствіе того, что градины находятся въ вращательномъ движеніи, онѣ рѣдко представляютъ изъ себя правильныя концентрическія оболочки. Каждое поднятіе даетъ градинѣ снѣжную оболочку, а опусканіе - ледяную.

Температура града обыкновенно около -5° — -6°, но бываютъ градины, температура которыхъ доходитъ до -15°. Въ горахъ градъ иногда держится въ теченіе 2-3 дней. Низкая температура градинъ, доказывающая образованіе ихъ на большой высотѣ, даетъ возможность сгущать водяные пары изъ воздуха. Пусть температура градинъ -10°; при такой температурѣ, какъ мы знаемъ, кубическій метръ воздуха насыщается 2.4 гр.воды. Допустимъ, что эти градины попадаютъ въ слой воздуха съ температурою $+10^{\circ}$, для насыщенія котораго требуется 9.4 грам. воды въ каждомъ кубическомъ метрѣ воздуха. Слѣдовательно, при прохожденіи градинъ черезъ слой такого насыщеннаго воздуха каждый кубическій метръ воздуха можетъ выдѣлить 7 гр.воды. Эти цифры не точны; онѣ лишь качественно характеризуютъ явленіе сгущенія водяныхъ паровъ изъ воздуха при прохожденіи черезъ него холодныхъ градинъ. Градины падаютъ на землю

только тогда, когда восходящій воздухъ перестаетъ ихъ удерживать. При нисходящемъ движеніи градъ падаетъ, благодаря этому движенію съ большой силою. При горизонтальномъ или восходящемъ движенія воздуха необходима опредѣленная скорость воздушныхъ теченій для удержанія градинъ въ воздухѣ. Если при увеличивающемся размѣрѣ градинъ, скорость движенія воздушныхъ массъ остается постоянной, то градины подъ вліяніемъ силы тяжести выпадаютъ на поверхность земли. Иногда градъ падаетъ съ необыкновенной силой, какъ будто его кто-либо толкаетъ. Это указываетъ на движеніе градинъ вмѣстѣ съ нисходящимъ токомъ воздуха. Часто градъ пробиваетъ стекла и иногда даже убиваетъ птицъ. Градобитіе 27 мая 1843 г. въ Московской губ. перебило и переранило болѣе 70 головъ скота, въ Кіевской - 219.

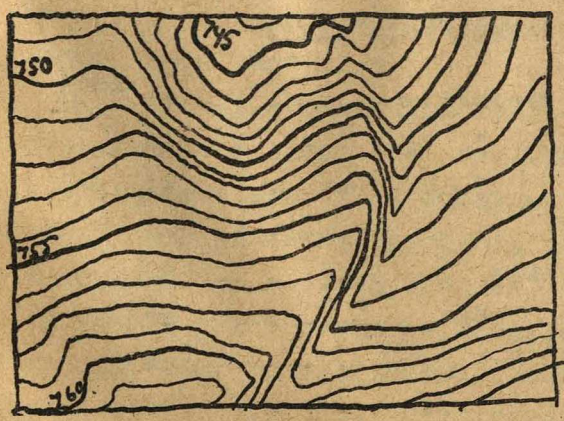
Если сгущеніе воды происходитъ на поверхности градины, и къ нимъ присоединяются кристаллы, то получаются на ней разнообразные наросты. Иногда она принимаетъ грушеобразную форму. Нѣкоторыя градины указываютъ на то, что образовались онѣ при полномъ вращеніи. При вращеніи градины центробѣжная сила можетъ выбросить перестуженную воду къ краямъ отчего образуется бисквитообразная форма градинъ. Иногда къ градинамъ примерзаютъ болѣе мелкія градины и правильные кристаллы, находящіеся въ воздухѣ. Buys-Ballot наблюдалъ градины съ 12 отдѣльными центрами примерзшихъ другъ къ другу. Размѣръ градинъ очень разнообразенъ; діаметръ ихъ иногда наблюдался въ 8 сант. и болѣе и даже въ 22 сант.

Градъ чаще всего образуется во время грозы въ моментъ наивысшаго ея развитія. Градобитіе обычно ограничивается узкой полосой. Особенно замѣчательно градобитіе 13 іюля 1788 г. во Франціи. Гроза началась рано утромъ и быстро, въ нѣсколько часовъ, пронесшись черезъ всю Францію, съ юго-запада на сѣверо-востокъ, достигла даже до Голландіи и Даніи. Захваченныя градомъ мѣста образовали собою двѣ параллельныя полосы, изъ которыхъ одна была въ длину около 730 верстъ, другая до 840; средняя ширина южной полосы простиралась до $13\frac{1}{2}$ верстъ, а сѣверной до 10 верстъ. Между обѣими полосами оставался промежутокъ шириною около 23 верстъ, на которомъ не было града, а шелъ только сильный дождь. Изъ наблюденій было найдено, что эта гроза съ градомъ неслась со скоростью 69 верстъ въ часъ. Въ

каждомъ мѣстѣ градъ падалъ не болѣе, какъ въ продолженіе 7 или 8 минутъ, но съ такою силою, что всѣ поля были опустошены. Здѣсь выпало громадное количество града и на основаніи этого проф.Шведовъ въ Одессѣ составилъ особую теорію - теорію космическаго происхожденія града. Но эта теорія вызываетъ слѣдующія возраженія. Если градъ космическаго происхожденія, то онъ не можетъ быть такимъ мелкимъ, какимъ мы его наблюдаемъ и врядъ ли онъ наблюдался-бы въ твердомъ состояніи, такъ какъ космическій градъ долженъ пройти черезъ всю толщину атмосферы и притомъ, какъ падающія звѣзды, съ космическою скоростью.

Градъ 1788 года нанесъ Франціи убытокъ по цѣнамъ того времени въ 25 милліоновъ франковъ. Убытокъ отъ града во Франціи теперь ежегодно составляетъ 83 милл. франковъ. Въ другихъ странахъ точной статистики по этому вопросу нѣтъ. Во всѣхъ мѣстахъ градъ наблюдается не одинаково часто. Въ Вогезахъ 30% всѣхъ грозъ сопровождаются градомъ. Въ южной Германіи только 8%. Въ центральной Европѣ 4% грозъ сопровождаются градомъ. Приэтомъ градомъ считаютъ тотъ осадокъ ледяного состава, который можетъ повредить продуктамъ сельскаго хозяйства. Возможно, что послѣ такого опредѣленія, наблюдателями записываются не всѣ случаи выпаденія града.

При образованіи грозы есть извѣстная связь съ барометрическимъ давленіемъ. На кривой барографа во время грозы наблюдается изгибъ, такъ называемый „грозовой носъ".



Черт.22.

Если по наблюденіямъ многихъ станцій составить карты *изо*баръ, то онѣ имѣютъ видъ, представленный на чертежѣ 22. Въ мѣстахъ изгиба изобаръ, наблюдается гроза. Изъ наблюденій можно замѣтить, что вначалѣ грозы давленіе въ этихъ мѣстахъ падаетъ, а затѣмъ поднимается. Гроза, зарождаясь въ

какомъ нибудь мѣстѣ, охватываетъ вначалѣ небольшую область. Постепенно область грозы при ея движеніи становится все шире и шире, достигая maximum'а при maximum'ѣ температуры, т.е. около 3-4 часовъ дня. Бываютъ отдѣльныя грозы, которыя образуются въ другое время или которыя доходятъ до насъ въ другое время, но большинство изъ нихъ наблюдается при высокихъ температурахъ. Время наступленія грозы опредѣлить точно очень трудно. По постановленію Международнаго Конгресса Метеорологовъ началомъ грозы считаютъ время перваго грома. Кривыя, соединяющія на картахъ мѣста перваго грома, показывающія распространеніе грозы, называются изобронтами. Итальянцы считаются съ моментомъ максимальнаго развитія грозы и соотвѣтствующія кривыя называются изохронтами.

Если одновременно съ перемѣщеніемъ грозы перемѣщается и барометрическій minimum, то такая гроза носитъ названіе циклонической. Циклоническія грозы появляются преимущественно ночью, т.е. тогда, когда въ суточномъ ходѣ циклоническія условія имѣютъ свои maximum'ы. Для термическихъ же грозъ maximum наступаетъ днемъ. Это замѣчено и на годовомъ ходѣ. Циклоническія грозы бываютъ больше всего зимой и осенью, а термическія - лѣтомъ. На островѣ Исландіи и Фарерскихъ островахъ наблюдаются исключительно зимнія (циклоническія) грозы. Термическихъ грозъ здѣсь почти не бываетъ, такъ какъ термическія условія не могутъ настолько развиться, чтобы образовалась гроза. Въ континентальныхъ странахъ происходятъ исключительно термическія грозы.

РАСПРОСТРАНЕНІЕ ГРОЗЫ ИДЕТЪ

въ Норвегіи со скоростью	*38*	km/h
" *Голландіи* " "	*39*	
" *Франціи* " "	*41*	
" *Германіи* " "	*37*	
" *Соед. Шт. Съв. Амер.*	*54*	
" *Австріи* " "	*30*	
" *Съверн. Италіи* "	*35*	
" *Южной* " "	*39*	
" *Россіи* "	*41*	

Отсюда видно, что скорость движенія грозы увеличивается

по направленію къ югу и къ востоку. Вѣроятно, повышеніе температуры увеличиваетъ скорость термическихъ грозъ. Большое вліяніе на скорость распространенія грозы оказываютъ горы и рѣки, которыя отклоняютъ путь грозы и уменьшаютъ ея скорость.

Годовое распредѣленіе числа грозъ показываетъ, что число ихъ особенно велико внутри континента. Напримѣръ для одной и той же широты найдено:

Берлинъ	*Барнаулъ (въ Сибири)*	*Восточн. бер. Азіи*
15	*23*	*6*

или на сѣверномъ берегу Чернаго моря

Николаевъ	*Ялта*	*Батумъ*
14	*5*	*4*

Въ Николаевѣ годовое число грозъ 14, въ Ялтѣ грозъ уже меньше, такъ какъ она стоитъ на полуостровѣ, въ Батумѣ еще меньше. Въ Индіи какъ-будто существуютъ исключительныя обстоятельства; сопровождающія грозы; сильныя грозы съ градомъ наблюдаются тамъ въ сухихъ мѣстахъ, въ которыхъ особенно высока температура. Сухость - конечно понятіе относительное. Значеніе имѣетъ лишь количество воды, т.е. абсолютная влажность. Въ Индіи градобитіе особенно сильно, притомъ при выпаденіи града температура воздуха съ 35°- 40° сразу понижается и опускается ниже 0°. Такое значительное и внезапное паденіе температуры и можетъ объяснить, почему въ Индіи много замершихъ.

§ 28. *ГРОМЪ*. Громъ представляетъ звуковое явленіе, сопровождающее молнію. При прохожденіи молніи между облаками возникаетъ колебаніе воздуха, которое многократно отражаясь отъ облаковъ, доходитъ до земли. Раскаты грома распространяются со скоростью звука, т.е. приблизительно со скоростью 1 километра въ 3 секунды. По запаздыванію грома относительно молніи можно опредѣлить разстояніе послѣдній отъ наблюдателя. Зная скорость звука и допуская, что свѣтъ (молнія) распространяется мгновенно, легко найти, что число секундъ, протекшее отъ момента, въ который была замѣчена молнія, до момента раската грома, дѣленное на три,

даетъ разстояніе до молніи въ километрахъ. Есть и другія теоріи объясняющія явленія грома; въ томъ числѣ и теорія, объясняющая громъ какъ звуковое явленіе, получающееся при соединеніи свободнаго водорода и кислорода воздуха, при прохожденіи черезъ нихъ молніи. Образующійся при соединеніи ихъ взрывъ и воспринимается нами, согласно этой теоріи, какъ явленіе грома.

§ 29. *ЭЛЕКТРИЧЕСТВО АТМОСФЕРЫ и ГРОЗОВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.* Мы видѣли, что электрическое состояніе атмосферы характеризуется величиною проводимости воздуха, разностью потенціаловъ и разсѣяніемъ электричества. Совокупностью этихъ электрическихъ элементовъ весьма трудно объяснить грозовое электричество, такъ какъ хотя молнія несетъ небольшое количество электричества, однако разность потенціаловъ ея достигаетъ громадныхъ величинъ и мы должны отдать себѣ отчетъ въ томъ, откуда берутся столь большіе запасы энергіи. Для объясненія электричества атмосферы и молніи было предложено много теорій. Теорія Exner'a, составленная еще Volt'омъ, предполагаетъ, что вода при своемъ испареніи уноситъ отрицательный зарядъ земного шара. Безъ сомнѣнія процессъ сгущенія водяныхъ паровъ въ электрической жизни земли играетъ какую-то роль, но какую - это еще недостаточно выяснено. Напримѣръ, извѣстно, что при сгущеніи водяныхъ паровъ наблюдается измѣненіе разности потенціаловъ. Теорія Exner'a страдаетъ тѣмъ недостаткомъ, что экспериментально не удалось подтвердить уносъ электрическаго заряда при испареніи воды.

Вторая теорія Wilson'a-Gerdien'a предполагаетъ, что при пересыщенномъ состояніи воздуха, сгущеніе водяныхъ паровъ можетъ произойти сначала на отрицательныхъ іонахъ, а затѣмъ и на положительныхъ. Такимъ образомъ, отдѣльныя облака оказываются заряженными электричествомъ разнаго знака, отчего и можетъ образоваться та большая разность потенціаловъ, которая наблюдается во время грозы. На основаніи іонной теоріи слѣдуетъ, что въ іонизированномъ воздухѣ вслѣдствіе удара іоновъ происходитъ расщепленіе ихъ и накопленіе. Такимъ образомъ, можетъ получиться большое количество того или другого электричества. Однако всѣ эти про-

цессы недостаточны для объясненія наблюдаемыхъ разностей потенціаловъ.

Возможно, что и фотоэлектрическое разсѣяніе Lenard'a обусливливаетъ атмосферное электричество. Lenard показалъ, что атмосфера, поглощающая ультрафіолетовые лучи (и особенно въ верхнихъ своихъ слояхъ), сильно іонизируется. Исходя изъ этого явленія и изъ наблюденій, Brillouin предложилъ слѣдующую теорію. Ледяные кристаллы вслѣдствіе индукціи отъ земли заряжаются въ нижнихъ своихъ частяхъ положительнымъ электричествомъ, а въ верхнихъ - отрицательныхъ, какъ это было доказано опытами Buisson'a. На высотѣ перистыхъ облаковъ ультрафіолетовые лучи разсѣиваютъ отрицательное электричество ледяныхъ кристалловъ, а оставшееся положительное электричество и обусловливаетъ положительный зарядъ перистыхъ облаковъ. Всегда во время грозы надъ Cu.N плаваютъ ложно перистыя облака, которыя имѣютъ положительный зарядъ, а Cu.N. - отрицательный. При сближеніи этихъ облаковъ и происходятъ сильные электрическіе разряды. Однако опыты Buisson'a повторялись нѣмецкими учеными, которые не подтвердили ихъ. Luvini и Sohncke показали, что при перемѣшиваніи и треніи сухого льда съ водяными парами, послѣдніе заряжаются отрицательнымъ зарядомъ, а ледъ положительнымъ. Если допустить, что при вихревомъ движеніи капель происходитъ такое треніе, то водяные пары должны получить отрицательный зарядъ, а перистыя облака - положительный. Въ общемъ эта теорія Luvini-Sohncke какъ и предшествующая сводится къ тому, что надѣляетъ перистыя облака положительнымъ зарядомъ. Кромѣ этихъ теорій есть сотни другихъ, которыя теперь не имѣютъ физическаго значенія. Одна изъ нихъ надѣляетъ ледяные кристаллы отрицательнымъ зарядомъ. Нѣкоторыя теоріи считаются съ водяными каплями въ нижнихъ слояхъ атмосферы. Если капля заряжена, то при своемъ паденіи она разрывается; нижняя ея часть съ положительнымъ зарядомъ падаетъ внизъ, а верхняя съ отрицательнымъ зарядомъ или остается въ атмосферѣ или уносится вверхъ. Изъ этихъ половинокъ каплей, заряженныхъ отрицательнымъ электричествомъ и образуется облако. Противоположная теорія разсматриваетъ сліяніе капель. Капли съ одинаковымъ электрическимъ заря-

домъ, вслѣдствіе отталкиванія, слиться не могутъ. Капли же, имѣющія различные заряды, могутъ слиться, отчего и происходитъ увеличеніе ихъ заряда. При прохожденіи черезъ капли одинаковаго знака молніи, знакъ заряда нѣкоторыхъ изъ нихъ можетъ измѣниться, а, слѣдовательно, можетъ произойти и сліяніе капель. Такое сліяніе капель вслѣдствіе грома наблюдалъ Laine. Какъ извѣстно яркость особенно краснаго и фіолетоваго цвѣта радуги и ширина отдѣльныхъ ея цвѣтовъ зависятъ отъ размѣра капель. Съ увеличеніемъ діаметра капель увеличивается яркость и ширина краснаго (верхняго) края радуги и нижняго (фіолетоваго). Laine наблюдалъ измѣненіе яркости радуги и цвѣта ея не при прохожденіи молніи, а при ударѣ грома. Изъ этого онъ заключилъ, что при колебательномъ движеніи воздуха происходитъ соединеніе капель и увеличеніе ихъ заряда.

Такое сложное явленіе какъ электричество молніи нельзя объяснить какой-нибудь одной изъ этихъ теорій. При объясненіи грозового электричества нужно считаться во всевозможными явленіями образованія атмосфернаго электричества.

Съ этимъ вопросомъ тѣсно связанъ одинъ изъ сомнительныхъ вопросовъ въ ученіи атмосфернаго электричества - вопросъ объ электрическомъ зарядѣ земного шара. Вѣдь въ дѣйствительности мы не имѣемъ увѣренности даже въ его существованіи, такъ какъ у насъ нѣтъ наблюденій ни надъ его силой ни надъ его постоянствомъ. Единственнымъ доказательствомъ существованія заряда земли является увеличеніе потенціала при безоблачномъ небѣ съ поднятіемъ вверхъ. При всѣхъ своихъ опытахъ мы соединяемъ приборы съ землей, которая является нулевой точкой. Съ измѣненіемъ заряда земли должна измѣниться и наша нулевая точка. Однако констатировать этого мы не можемъ. Если бы зарядъ земли существовалъ въ дѣйствительности то, какъ показали опыты Linss'a (см. § 10), онъ (какъ и всякой зарядъ) потерялся-бы въ теченіе 2 часовъ. Допуская стаціонарное электрическое состояніе земного шара, мы должны одновременно съ приходомъ электричества считаться и съ его расходомъ. Расходъ электричества ясенъ; нужно выяснить только откуда онъ приходитъ.

Первая изъ теорій, объясняющихъ приходъ электричества, принадлежитъ Elster'y и Geitel'ю. По мнѣнію авторовъ этой теоріи въ атмосферѣ имѣются и положительные и отрицательные іоны, скорость которыхъ различна. Подвижность отрицательныхъ іоновъ больше подвижности положительныхъ. На основаніи этого отрицательный зарядъ земли объясняется ими тѣмъ, что до поверхности земли доходитъ въ одно и то же время больше отрицательныхъ іоновъ, чѣмъ положительныхъ. Слѣдовательно, отрицательный зарядъ земная поверхность получаетъ отъ самой атмосферы. Если-бы это было такъ, то каждый предметъ имѣлъ бы отрицательный зарядъ, чего, однако, не наблюдается. Правда, можно отмѣтить рядъ случаевъ, когда предметы принимали отрицательный зарядъ, но это было въ исключительныхъ условіяхъ. Да кромѣ того нельзя доказать почему земля принимаетъ отрицательные іоны съ большой подвижностью, чѣмъ менѣе подвижные положительные іоны.

Слѣдующая теорія - теорія Ebert'a является болѣе правдоподобной. При большой скорости отрицательныхъ іоновъ земная поверхность получаетъ отрицательный зарядъ не изъ атмосферы, а изъ почвы. Въ послѣдней всегда имѣются капиллярные ходы, по которымъ выходитъ подпочвенный воздухъ. Радіоактивныя вещества земли даютъ эманацію, которая хотя сама и не несетъ заряда, но способствуетъ выдѣленію іоновъ. Отрицательные іоны, выходя съ подпочвеннымъ воздухомъ, осѣдаютъ на стѣнкахъ капиллярныхъ трубокъ (ходовъ), а положительные поднимаются изъ почвы въ атмосферу. Такимъ образомъ, оставшіеся іоны даютъ отрицательный зарядъ землѣ, а выходящіе заряжаютъ положительнымъ зарядомъ атмосферу. Эта теорія касается только суши земного шара. Она ничего не говоритъ о тѣхъ мѣстахъ земной поверхности, которыя покрыты водой; между тѣмъ водой покрыто 72% всего земного шара, а суша составляетъ только 28%. Существуютъ почвы, обладающія зарядомъ въ 3 или 4 раза большимъ того, который обычно наблюдается на поверхности земли. Этотъ избытокъ электричества и передается океану. Но кромѣ того, какъ предполагаетъ третья теорія, на моряхъ и непосред-

---

ственно происходитъ процессъ образованія электричества. На моряхъ всегда - волны, которыя доходя до нѣкоторой величины образуютъ такъ называемыя „бѣлыя головки", представляющія собою капли разбрызгиваемой воды. Выше мы видѣли, что при распыленіи морской (соленой) воды, послѣдняя заряжается отрицательнымъ электричествомъ, а воздухъ положительнымъ. Такимъ образомъ, суша получаетъ зарядъ отъ іоновъ, а океанъ отъ распыленія морской воды. Благодаря этому и можетъ получиться та сумма электричествъ, которую мы привыкли называть отрицательнымъ зарядомъ земного шара.

Опечатки

Стр.	Строчка	Напечатано:	Слѣдуетъ:
9	1 сверху	... v_t обратилось въ v_0 $(v_t = v_0)$...	... v_t обратилось въ 0 $(v_t = 0)$...
34	17 снизу	1.2	1.42
35	5 "	0.59	0.39
44	10 сверху	E E	E_+ E_-

БИБЛИОТЕКА
академии
Воздушного Флота
имени проф. Н. Е. ЖУКОВСКОГО
„ " 19 г.
Инв. №

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стр.

§ 1. Историческій очеркъ 3
§ 2. Коллекторы 6
§ 3. Электрометры 12
§ 4. Нормальное электрическое поле атмосферы 16
§ 5. Суточный и годовой ходъ разности потенціаловъ . 17
§ 6. Вліяніе метеорологическихъ элементовъ на величину потенціала 22
§ 7. Зарядъ земного шара 24
§ 8. Теоретическія объясненія электрическаго поля земли 25
§ 9. Измѣненіе разности потенціаловъ въ свободной атмосферѣ 26
§ 10. Измѣненіе атмосфернаго электричества въ нижнихъ слояхъ атмосферы и разсѣяніе его 28
§ 11. Годовой и суточный ходъ разсѣянія атмосфернаго электричества 33
§ 12. Число іоновъ въ атмосферѣ 40
§ 13. Проводимость воздуха 46
§ 14. Подвижность іоновъ 48
§ 15. Источникъ іонизаціи атмосферы. Эманація 52
§ 16. Радіоактивность атмосферы 57
§ 17. Радіоактивность почвы 59
§ 18. Радіоактивность минеральныхъ водъ 61
§ 19. Радіоактивность морской воды 62
§ 20. Проникающая радіація 63
§ 21. Кругооборотъ электричества и іонизаторы въ атмосферѣ 65
§ 22. Электричество осадковъ. Токи въ атмосферѣ . . . 67
§ 23. Огни Св.Эльмы 73
§ 24. Молнія 77
§ 25. Грозоотмѣтчикъ 84
§ 26. Географическое распредѣленіе грозъ на поверхности земли. 85
§ 27. Образованіе грозы и града 86
§ 28. Громъ 93
§ 29. Электричество атмосферы и грозовое электрич.. . 94.

2007334983